

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 12.04.02 «Оптотехника»
 Отделение Материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка светового загрязнения с помощью программного комплекса DIALux Evo

УДК 628.926.7:004.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM91	Хохлова Анна Алексеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Толкачева К.П.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук И.В.	К.Т.Н. ДОЦЕНТ		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Полисадова Е.Ф.	д.ф.-м.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код	Результат освоения ООП
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен представлять современную картину мира научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований для разработки оптической техники, оптических материалов и технологий оптического производства
ОПК(У)-2	Способен организовать проведение научного исследования и разработку, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с научными исследованиями в области оптической техники, оптико-электронных приборов и систем
ОПК(У)-3	Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность к анализу состояния научно-технической проблемы, формированию технического задания и постановке цели и задач в сфере проектирования оптических и оптико-электронных приборов, систем и комплексов, в области исследования оптических материалов и технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников
ПК(У)-2	Способность к моделированию работы оптико-электронных приборов и светотехнических устройств на основе физических процессов и явлений, выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбор готового алгоритма решения задачи
ПК(У)-3	Способность к выбору оптимального метода и разработке программ экспериментальных исследований, проведению оптических, фотометрических и электрических измерений с выбором технических средств и обработкой экспериментальных данных
ПК(У)-4	Способность к разработке и внедрению фотонных и оптических технологий, к разработке методов контроля качества материалов и изделий, составлению

	программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.
ПК(У)-5	Способность конструировать и проектировать отдельные узлы и блоки для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерной техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов, осветительных и облучательных установок различного назначения.
ПК(У)-6	Способность применять современную элементную базу электротехники, электроники и микропроцессорной техники при разработке и проектировании оптических и светотехнических систем, приборов деталей и узлов оплотехники;
ПК(У)-7	Способность проводить научные исследования и опытно-конструкторские работы в области оптического приборостроения, оптических материалов и технологий
Профессиональные компетенции университета	
ДПК (У)-1	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий (ИШНПТ)

Направление подготовки 12.04.02 «Оптотехника»

Уровень образования магистратура

Отделение материаловедения (ОМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) Е.Ф. Полисадова
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4BM91	Хохлова Анна Алексеевна

Тема работы:

Оценка светового загрязнения с помощью программного комплекса DIALux Evo	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Техническое задание, нормативные документы, фотографии.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ публикаций на тему светового загрязнения. Анализ осветительных установок и рекомендаций по снижению светового загрязнения. Оценка светового загрязнения в городе Томск.

Перечень графического материала		Фотографии наружного освещения
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы		
(с указанием разделов)		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент	И.В. Кашук, к.т.н.	
Социальная ответственность	Л.А. Скачкова	
Раздел на иностранном языке	А.Б. Стрельникова, к.филол.н.	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Light Pollution		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.10.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Толкачева Ксения Петровна	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ91	Хохлова Анна Алексеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО		
4ВМ91	Хохлова Анна Алексеевна		
Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	12.04.02 «Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.21
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		08.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ91	Хохлова Анна Алексеевна		08.02.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ91	Хохлова Анна Алексеевна

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	12.04.02 «Оптотехника»

Тема ВКР:

Оценка светового загрязнения с помощью программного комплекса DIALux Evo	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования: световое загрязнение. Область применения: освещение городских территорий и дорожных сетей.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 05.04.2021) ГОСТ 12.2.032-78 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 ГОСТ 12.1.038-82 СП 52.13330.2016 ПУЭ СанПиН 1.2.3685-21
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; - отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; - умственное перенапряжение, монотонность труда. Опасные факторы: - воздействие электрическим током.
3. Экологическая безопасность:	Атмосфера: выбросы. Гидросфера: сбросы. Литосфера: отходы.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: наводнения, ураганы, внезапное обрушение здания, пожар, проникновение посторонних лиц, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения. Наиболее типичная ЧС: проникновение посторонних лиц, пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.	-		08.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM91	Хохлова Анна Алексеевна		08.02.2021

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 89 с., 42 рис., 24 табл., 21 источник, 1 прил.

Ключевые слова: световое загрязнение, светотехническая установка, световой прибор, освещение архитектурных объектов, нежелательный свет.

Объектом исследования является световое загрязнение от архитектурных объектов в городе Томске.

Цель работы - исследование светового загрязнения от архитектурных объектов в городе Томске на примере главного корпуса ТУСУРа и центральной части площади Новособорная.

В процессе исследования производился анализ осветительных установок бизнес центра «Дипломат», ресторана «Мама, я дома!» и главного корпуса ТУСУРа, в ходе которого для дальнейшего исследования был выбран главный корпус.

В программной среде DIALux Evo была произведена оценка светового загрязнения от ТУСУРа и центральной части Новособорной площади. Так же исследовано влияние различных световых приборов и метода их установки на световое загрязнение. В результате чего для снижения светового загрязнения был выбран оптимальный световой прибор с КСС 16° и углом поворота - 75°.

Исследование влияния световых приборов на световое загрязнение в парковой зоне производилось на примере Новособорной площади. Были выбраны 4 вида световых приборов: опаловые шары, опаловые шары с «накрывашкой», опаловые шары с «шапочкой» и световые приборы на отражении. Исследование показало, что в летний период свет, уходящий в верхнюю полусферу больше от опаловых шаров, так же как и в зимний период. В зимний период у всех световых приборов величина нежелательного света больше, чем в летний, но разница между величинами в летнее и зимнее время меньше всего у опаловых шаров.

Область применения: освещение городских территорий и дорожных сетей.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

КСС – кривая сила света;

ОУ – осветительная установка;

СП – световой прибор;

СТУ – светотехническая установка

DIALux evo – программа для расчета, проектирования трехмерного моделирования освещения

Оглавление

Введение	12
Глава 1 Вопросы светового загрязнения.....	13
1.1 Световое загрязнение	13
1.2 Рекомендации по освещению	15
1.3 Оценка светового загрязнения.....	19
Глава 2 Анализ осветительной установки выбранных зданий по фотографиям	21
2.1 Бизнес-центр «Дипломат»	21
2.2 Ресторан «Мама, я дома!».....	22
2.3 Главный корпус ТУСУРа.....	24
2.4 Площадь Новособорная	25
Глава 3 Результаты проектирования в DIALux evo	27
3.1 Главный корпус ТУСУРа.....	27
3.2 Расчет парковой зоны.....	36
Глава 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	42
Глава 5 Социальная ответственность.....	61
Заключение	76
Список литературы	77
Приложение А	79

Введение

Для того, чтобы продлить рабочий день, создать безопасные условия – люди освещают городские территории и дорожные сети. Население Земли растет, а значит и расширяется, освещаемая искусственным путем, территория. Вместе с тем, повышается и световое загрязнение, которое негативно влияет на здоровье человека, окружающую среду, поведение животных и развитие растений.

Световое загрязнение является одной из составляющих нежелательного света. Нежелательный свет возникает тогда, когда свет идет мимо поверхности, которую необходимо осветить. Второй составляющей нежелательного света является визуально досаждающий свет.

Световое загрязнение – одна из наиболее распространенных форм изменения окружающей среды. Оно влияет даже на нетронутые человеком земные участки, потому что его легко наблюдать в ночное время за сотни километров от источника. Днем эти территории кажутся нетронутыми, а в ночное время им наносится ущерб. Несмотря на то, что проблема светового загрязнения является глобальной (около 80% процентов жителей Земли живет в регионах, где наблюдается высокий уровень загрязнения [10]), раньше оно привлекало относительно мало внимания со стороны ученых-экологов. Сейчас ситуация меняется.

Основная цель данной научной работы – исследование светового загрязнения от архитектурных объектов в городе Томске на примере главного корпуса ТУСУРа и центральной части площади Новособорная. На карте светового загрязнения [11] фиктивные цвета Томска от белого до светло-синего, что говорит о том, что параметр звездной величины на квадратную секунду дуги находится в интервале $21,7 - <17,5$. Чем меньше эта величина, тем ярче светящееся тело. Поэтому в качестве объекта исследования выбран главный корпус ТУСУРа и Новособорная площадь, которые находятся в центре города.

Глава 1 Вопросы светового загрязнения

1.1 Световое загрязнение

Световое загрязнение определяется как форма физического загрязнения окружающей среды, связанная с периодическим или продолжительным превышением уровня естественной освещенности местности, в том числе и за счет использования источников искусственного освещения [9].

Основным источником светового загрязнения являются мегаполисы. Человеку для комфорта и чувства безопасности необходим свет. Поэтому с ростом городов, растет и освещаемая площадь. Вместе с тем растет световое загрязнение. Анализ современных световых приборов и светотехнических установок показал, что 30-45% [8] светового потока становится световым загрязнением. Оно оказывает не только прямой, но и косвенный вред окружающей среде. Из-за избыточного освещения происходит излишняя трата нефти и других энергетических ресурсов. Световое загрязнение негативно влияет на гормональную систему человека, что приводит, например, к бессоннице. Также оно оказывает негативное влияние на биологические процессы. Например, на миграции перелетных птиц, на новорожденных морских черепашек, которые инстинктивно ощущают, что океан более светлый, чем суша.

В астрономии, когда говорят о световом загрязнении, его измеряют в звездной величине, что является безмерной числовой характеристикой яркости объекта. Это понятие применимо к небесным светилам, оно характеризует поток энергии от рассматриваемого объекта (энергию всех фотонов в секунду) на единицу площади. Видимая звездная величина зависит от физических характеристик самого объекта и от расстояния до него. Чтобы определить световое загрязнение от какого-либо объекта, уровень его свечения сравнивают с уровнем естественного свечения неба. Уровень естественного освещения формируется луной, естественным атмосферным излучением (свечением воздуха), звездами и млечным путем. В безлунные ночи яркость ясного неба вдали от млечного пути составляет около 22 звездной величины на квадратную

угловую секунду (маг/сек²), что эквивалентно $1,7 \cdot 10^{-4}$ кд/м². Таким образом, в астрономии при повышении уровня естественной яркости на 1% (1,7 мкд/м²) от естественного уровня – небо можно считать «чистым». 1-2% - на этот уровень стоит обратить внимание, чтобы в дальнейшем не допустить световое загрязнение. 8-16% - приблизительный уровень превышения, на котором небо можно считать загрязненным с астрономической точки зрения. А при общей яркости неба равной 20,6 – 20 маг/сек² (87 – 688 мкд/м²) звездной величины не будет виден летний Млечный Путь. Яркость ночного неба при которой не происходит адаптации человеческого глаза к темноте >3000 мкд/м² [10].

На световое загрязнение влияние оказывает и время года. Зимой за счет отражения от снега, яркость неба от искусственных источников, возрастает. Также оказывают влияние атмосферные условия. Разная яркость будет у ясного и туманного неба. Количество аэрозолей в воздухе также влияет на яркость неба, затянутое облаками небо более яркое, чем чистое небо.

На карте светового загрязнения [11] (рис. 1) Томск имеет фиктивные цвета от белого до светло-голубого, это говорит о том, что небо светло-серое, большинство созвездий в центре города не распознать по звездам, а не яркие отсутствуют совсем. В местах с таким уровнем загрязнения люди не сталкиваются с условиями настоящей ночи, так как небо всегда светлое.

Отказаться полностью от освещения городов невозможно, но можно сделать его более рациональным. Для этого можно снизить освещение закрытых на ночь заведений, грамотно распределять поток световых установок зданий, памятников архитектуры и ландшафта, использовать оборудование с правильной оптикой, которая позволяет точно направлять световой поток. Более конкретные требования приведены в следующем пункте.

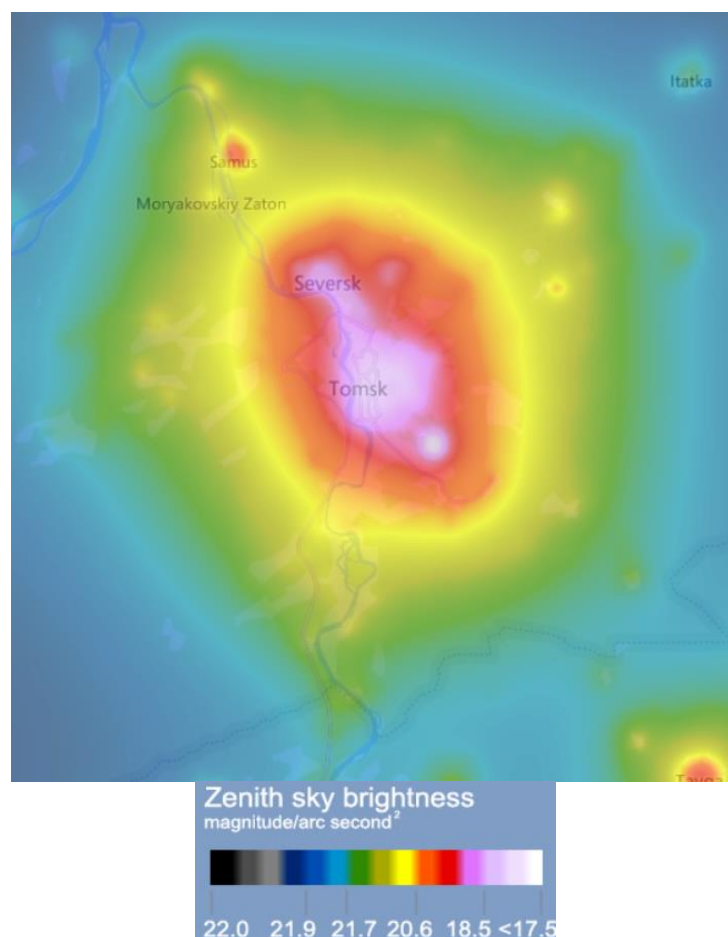


Рисунок 1 – Карта светового загрязнения Томска

1.2 Рекомендации по освещению

Нежелательный свет – это тот свет, который идет мимо поверхности, которую необходимо осветить [2]. Одной из его составляющих является световое загрязнение. Понятие «световое загрязнение» было введено в 1970 году. Под ним понимают воздействие искусственного света на небо, которое негативно влияет на здоровье человека, окружающую среду, поведение животных и развитие растений. Неблагоприятным считается такой уровень яркости, при котором искусственный источник затмевает свечение звезд для наблюдателя [3].

Следующая составляющая нежелательного света – это визуально досаждающий свет. Он классифицируется как опасный для здоровья и мешающий выполнению профессиональной деятельности. Представляет собой свет как искусственного, так и естественного происхождения.

Площадь светового загрязнения больше, чем площадь города, так как оно покрывает город полусферой, засвечивая звездное небо.

Основными причинами светового загрязнения являются неправильное проектирование или установка внешнего освещения. До недавнего времени целью проектирования освещения было осветить большую поверхность при минимальных затратах и устройства, ориентированные под углом 15 градусов к горизонтали (распространенный тип оборудования), вносят наибольший вклад в общее свечение неба, чем приборы, свечение которых направленно в зенит [2]. Это связано с тем, что свет, идущий под углом, претерпевает множество различных отражений, в результате чего его количественное присутствие увеличивается до момента достижения атмосферы. В то время, как луч, направленный в зенит, практически не преломляется.

Световое загрязнение включает в себя (рис.2.):

- утечка света (свет, выходящий за пределы зоны освещения);
- блики;
- небесное свечение.

Небесное свечение связано с рассеиваем светового потока атмосферой. По закону Рэля интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна четвертой степени длины волны, что говорит о том, что на световое загрязнение влияет не только величина светового потока, излучаемого вверх, но и спектральные характеристики испускаемого излучения [1]. Из данного закона следует, что коротковолновая часть видимого диапазона (синий цвет) будет сильнее рассеиваться атмосферой. Также исследования [5] показывают, что синяя составляющая спектра влияет на здоровье человека, в частности, на характер сна/бодрствования.

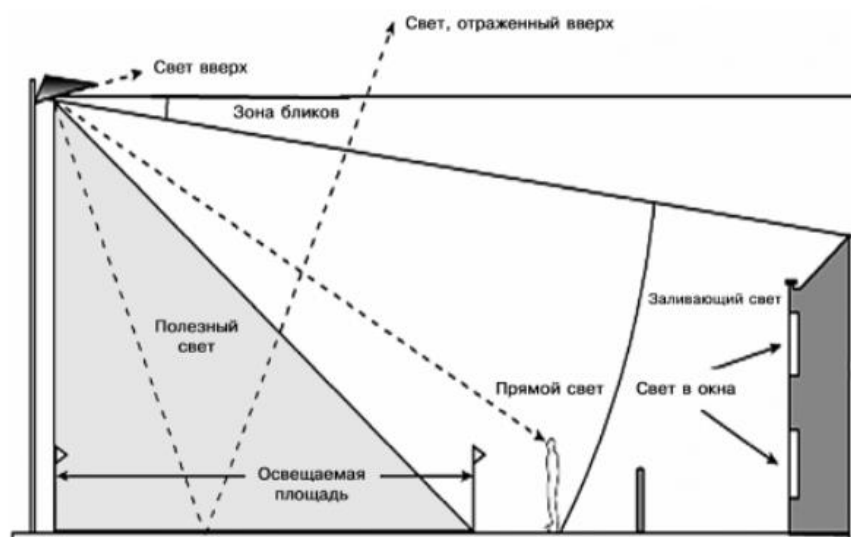


Рисунок 2 – Виды нежелательного света [4]

Для того, чтобы создать хороший проект освещения необходимо разобраться с тремя его главными составляющими: источник света, светильник и метод установки.

Источник света. Как указано выше коротковолновая часть видимого излучения оказывает негативное влияние на человека и окружающую среду, что необходимо учитывать при проектировании.

Светильник. Выбор светильников должен происходить так, чтобы обеспечить минимальное количество утекающего света и бликов.

Необходимо использовать специально разработанное световое оборудование, которое сводит к минимуму распространение света вблизи и вдоль горизонтали. $100-90^\circ$ (рис.3.) нижняя зона выхода светового потока - критическая зона для свечения неба в сельских районах, где оно сильно зависит от аэрозольного рассеяния. $180-100^\circ$ критическая область для свечения неба городских районов. От 70° до 0° - идеальное распределение света.

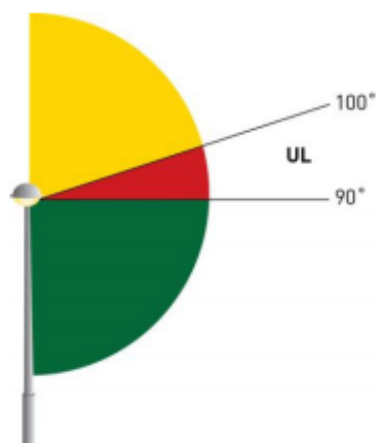


Рисунок 3 – Критические углы светильника для минимизации свечения неба [4]

Установка. В большинстве случаев выгодно использовать как можно более высокую монтажную высоту, т.к. это может помочь уменьшить блики. Чтобы свести блики к минимуму необходимо обеспечить угол основного луча светового прибора, направленных на потенциального наблюдателя не превышал 70° , как изображено на рисунке 4.

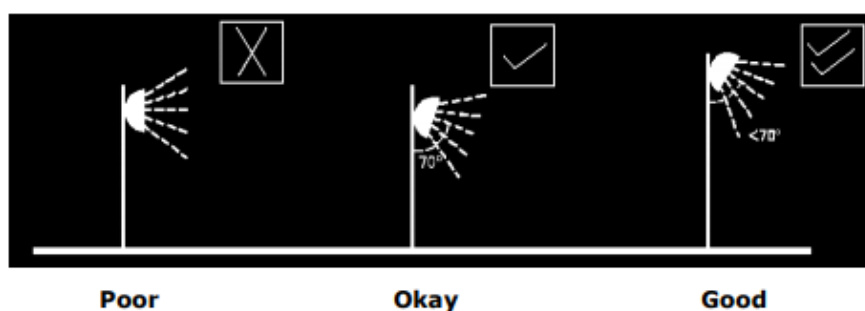


Рисунок 4 – Углы основного луча светового прибора

При освещении вертикальных сооружений, таких как рекламные вывески, необходимо направлять свет вниз везде, где это возможно. Если нет альтернативы дополнительному освещению, как при большом декоративном освещении зданий, то использование щитов, перегородок и жалюзи поможет свести к минимуму рассеянный свет вокруг и над структурой.

Для дорожных и бытовых осветительных установок освещение вблизи горизонтали и над ней обычно должно быть сведено к минимуму, чтобы уменьшить блики и свечение неба. В сельской местности использование полностью горизонтальных срезаемых светильников, установленных при

подъеме 0° , в дополнение к уменьшению свечения неба также поможет минимизировать визуальное вторжение в открытый ландшафт.

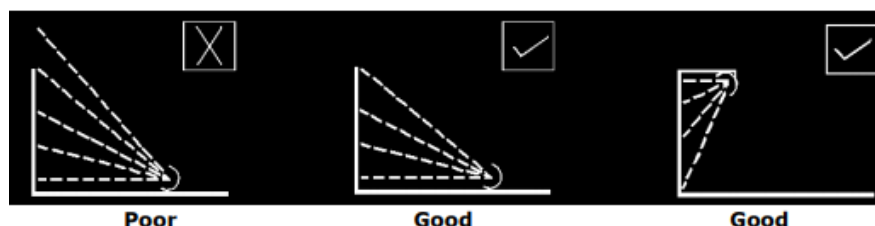


Рисунок 5 – Фасадная подсветка

Световое загрязнение можно снизить за счет увеличения расстояния между источниками света и использования световых приборов с отражательной системой.

Можно снизить световое загрязнение используя СП с теплой цветовой температурой, от 3000K и ниже.

1.3 Оценка светового загрязнения

В статье [6] проводится оценка светового загрязнения в «полевых условиях». В ней использовался цифровой измеритель освещенности GM1040 производства Benetech. Данный прибор имеет косинусный корректор, который собирает свет из поля зрения в 180° , чтобы исключить влияние угла падения.

Для наблюдения были выбраны безоблачные ночи, так как отражение, рассеяние и поглощение облаками влияет на ночную световую среду.

В каждом месте наблюдения люксметр был горизонтально ориентирован и удерживался на высоте 1,8 метра для измерения горизонтально излучаемого света. Показание люксметра было затем записано как наблюдаемое в горизонтальной плоскости значение E_v . Аналогичным образом, наблюдаемый в вертикальном направлении E_v также был зафиксирован на той же высоте 1,8 м путем измерения восходящего света с поверхности земли. Горизонтальная освещенность была измерена в четырех направлениях в каждой точке. Затем было рассчитано среднее значение освещенности в этих точках.

В каждой точке были записаны координаты, 4 значения горизонтальной освещенности и одно вертикальной.

В данной статье при оценке светового загрязнения использовалась шкала, в которой освещенность делится на пять уровней: очень темный (< 2 лк), темный (2-5 лк), умеренное (5-10 лк), яркое (10-25 лк) и очень яркое (> 25 лк).

Также световое загрязнение оценивают измеряя яркость звездного неба в звездной величине и сравнивают ее с яркостью естественного неба. Считается, что при повышении яркости на 1-8% ($1,7 - 14$ мккд/м²) – небо относительно не загрязненное в зените, но при приближении к горизонту положение становится хуже. При повышении на 8-50% – загрязненное небо, при повышении на больший процент теряется естественный вид неба [10].

Глава 2 Анализ осветительной установки выбранных зданий по фотографиям

Основными причинами светового загрязнения являются неправильное проектирование или установка внешнего освещения. Световое загрязнение включает в себя: утечку света (свет, выходящий за пределы освещаемой области), блики и небесное свечение.

2.1 Бизнес-центр «Дипломат»

Бизнес-центр «Дипломат», находящийся на проспекте Кирова 51а в г. Томске, приведен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Бизнес-центр «Дипломат»

Световые приборы установлены таким образом, что световой поток направлен в верхнюю и нижнюю полусферы под углом 90 градусов к горизонтали (рис. 7). Часть светового потока идет мимо освещаемого объекта, что приводит к световому загрязнению и неэффективному использованию светотехнической установки.

Использованы световые приборы с холодной цветовой температурой. По закону Рэлея коротковолновая часть спектра видимого излучения сильнее рассеивается атмосферой, что приводит к большому небесному свечению.



Рисунок 7 – Направление светового потока осветительной установки на бизнес-центре

На рисунке 8 приведен вид здания в ночное время. На фотографии видно, что фасад здания освещен не симметрично, у световых приборов разная цветовая температура. Видна световая утечка, как в верхнюю, так и в нижнюю полусферу.



Рисунок 8 – Бизнес-центр в ночное время

2.2 Ресторан «Мама, я дома!»

Ресторан «мама, я дома!» (фото ресторана приведено на рисунке 9) освещен светодиодными световыми приборами, световой поток которых направлен в верхнюю и нижнюю полусферы под углом 90 градусов к горизонтали (рис. 10).



Рисунок 9 – Ресторан «мама, я дома!»



Рисунок 10 – Направление светового потока ОУ на ресторане

Световые приборы, направленные в верхнюю полусферу, имеют холодную цветовую температуру. В нижнюю полусферу направлены световые приборы с теплой цветовой температурой.

На рисунке 11 приведен вид ресторана в ночное время. Использовано акцентное освещение, подчеркнуты колонны. Из-за того, что СП направлены прямо в верх видна сильная засветка верхнего карниза. Также есть утечка света.

В нижней части здания также используется акцентное освещение, подчеркнута кирпичная кладка здания. На наличниках образуется слепящий эффект.



Рисунок 11 – Ресторан в ночное время

2.3 Главный корпус ТУСУРа

Сам корпус приведен на рисунке 12. Для его освещения использованы металлогалогенные световые приборы на 150 Вт. Они установлены под углом к вертикали (рисунок 13).



Рисунок 12 – Главный корпус ТУСУРа

Для освещения использованы световые приборы с холодной цветовой температурой, которые светят в верхнюю полусферу. В нижнюю полусферу направлены СП с теплой цветовой температурой.



Рисунок 13 – Направление светового потока ОУ на главном корпусе
ТУСУРа



Рисунок 14 – Главный корпус в ночное время

2.4 Площадь Новособорная

В 2017 году происходила реконструкция площади Новособорная. Была установлена новая светотехническая установка. Опаловые шары, которые были установлены для освещения были заменены на световые приборы с распределением потока только в нижнюю полусферу (рисунок 15).

На рисунке 16 видно, что свечение от опалового шара идет во все стороны и практически не освещает парковые дорожки, в то время как освещение от световых приборов, которые были установлены после реконструкции направленно на дорожки, а свечение напрямую вверх отсутствует.



Рисунок 15 – Световые приборы на Новособорной площади. Слева – до реконструкции, справа – после

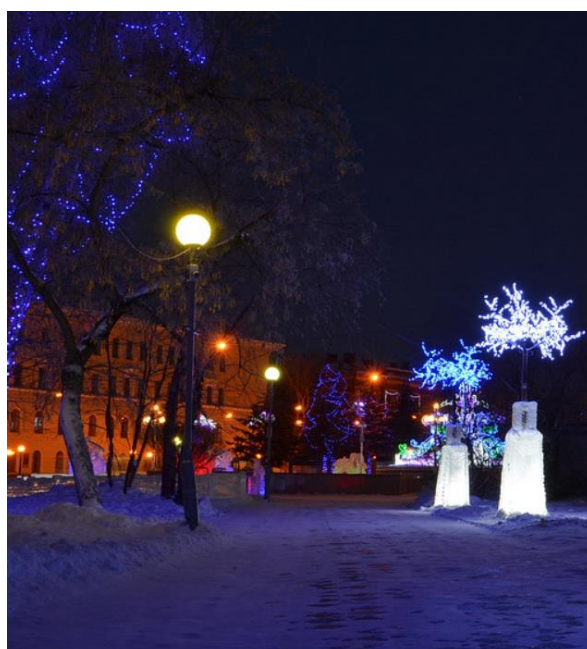


Рисунок 16 – Освещение парковых дорожек. Верхнее изображение – освещение опаловыми шарами; нижнее – световыми приборами после реконструкции

Глава 3 Результаты проектирования в DIALux evo

3.1 Главный корпус ТУСУРа

В программе DIALux evo был спроектирован главный корпус ТУСУРа (рисунок 17). Для оценки светового загрязнения в DIALux Evo над объектом была помещена расчетная плоскость, на высоте 30 метров над землей (рисунок 18), т.к. примерно на этой высоте летают городские птицы [7].



Рисунок 17 – Главный корпус ТУСУРа в программной среде DIALux Evo

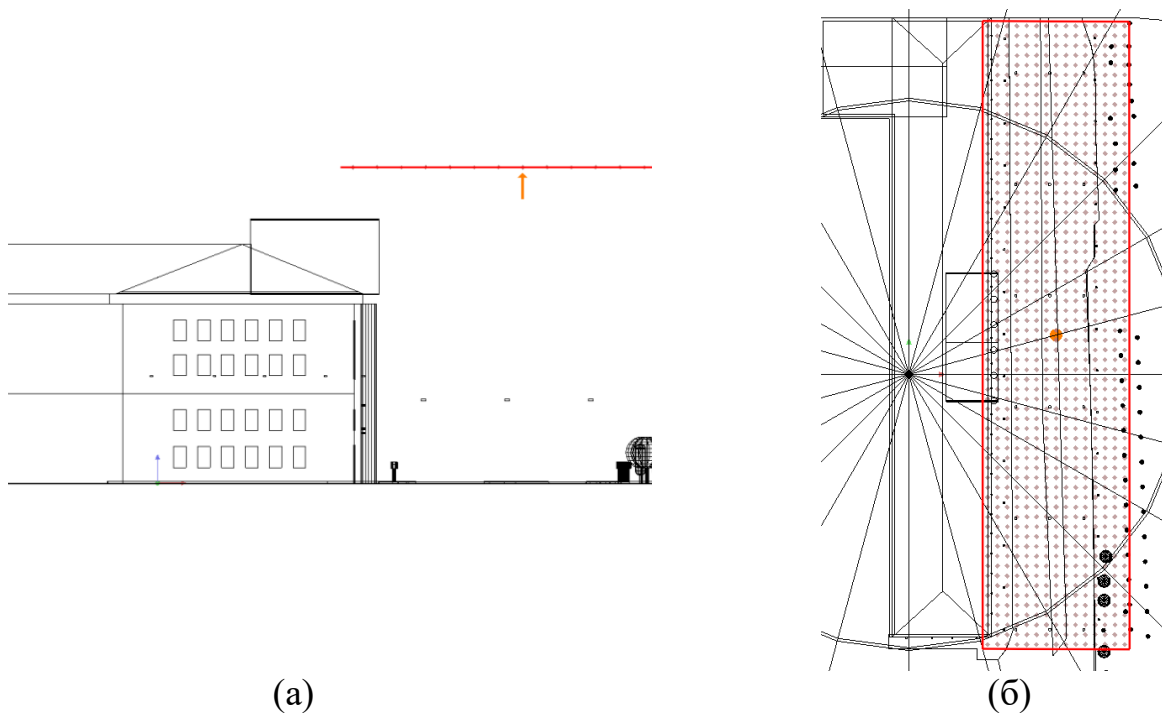


Рисунок 18 – Расположение расчетной поверхности. а – вид сбоку, б – вид сверху.

На рисунке 19 видно распределение освещенности в фиктивных цветах. Максимальная освещенность на расчетной поверхности 34,4 лк, средняя – 13,3 лк. Также видно, что происходит утечка не только в верхнюю полусферу, но и в нижнюю (рисунок 20).

Из-за достаточно большой мощности световых приборов наблюдается слепящий эффект на фасаде здания. Также слепящий эффект виден на карнизе.

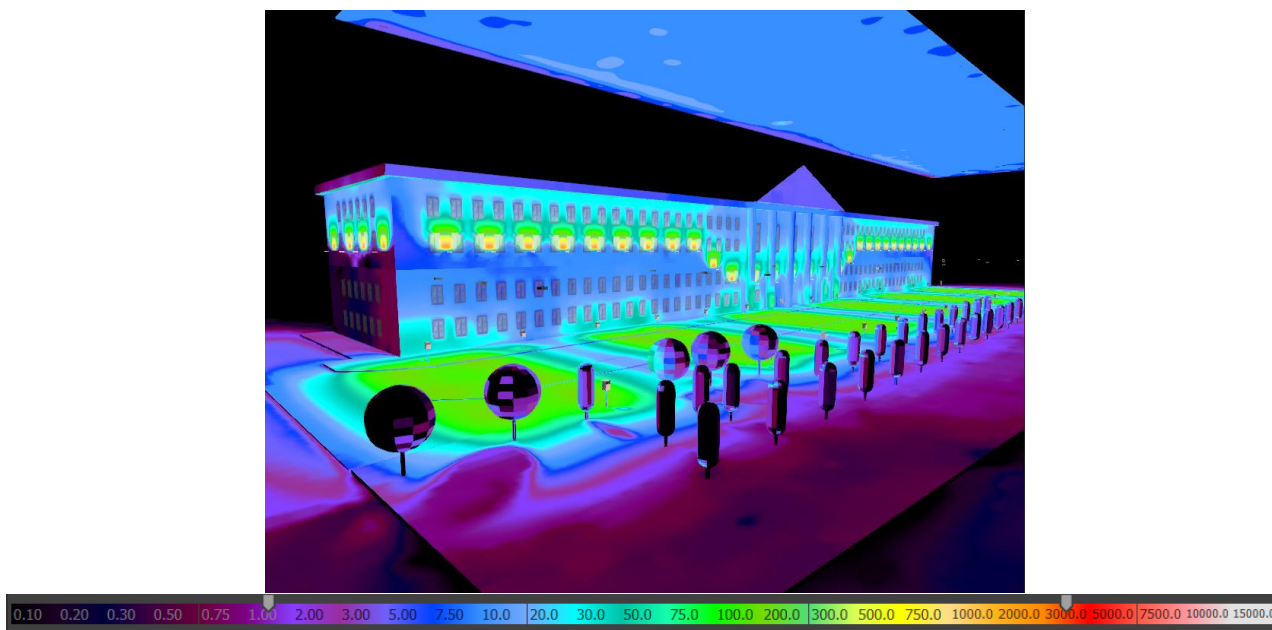


Рисунок 19 – Фиктивные цвета, освещенность

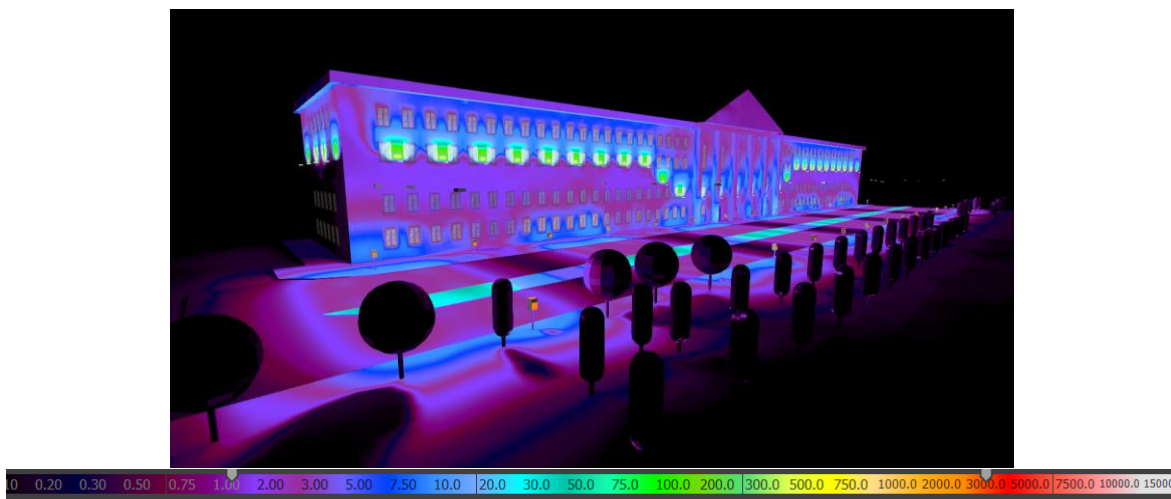


Рисунок 20 – Распределение яркости, фиктивные цвета

Распределение освещенности в зависимости от угла поворота светильников

1. при 90 градусах приведено на рисунке 19-20.

2. при 75 градусах на рисунке 21. Средняя освещенность на поверхности 12,4 лк. Максимум – 36,1 лк.

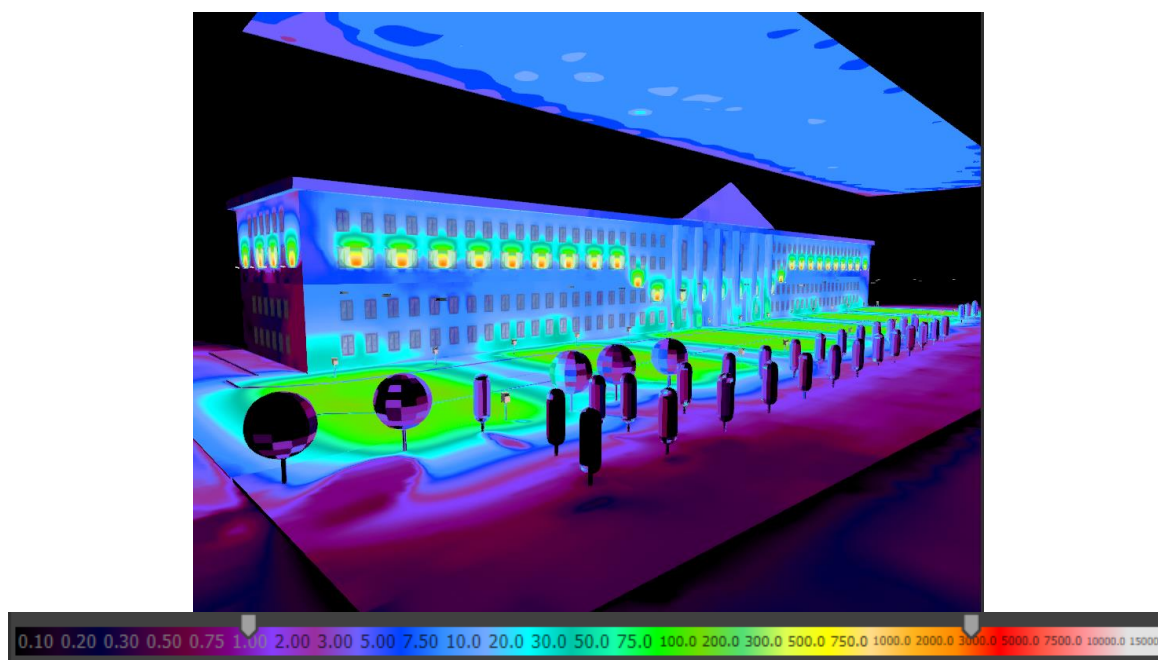


Рисунок 21 – Распределение освещенности при повороте светильника на 75 градусов

3. при 60 градусах приведено на рисунке 22. Средняя освещенность на поверхности – 12,4 лк. Максимум – 31,9 лк.

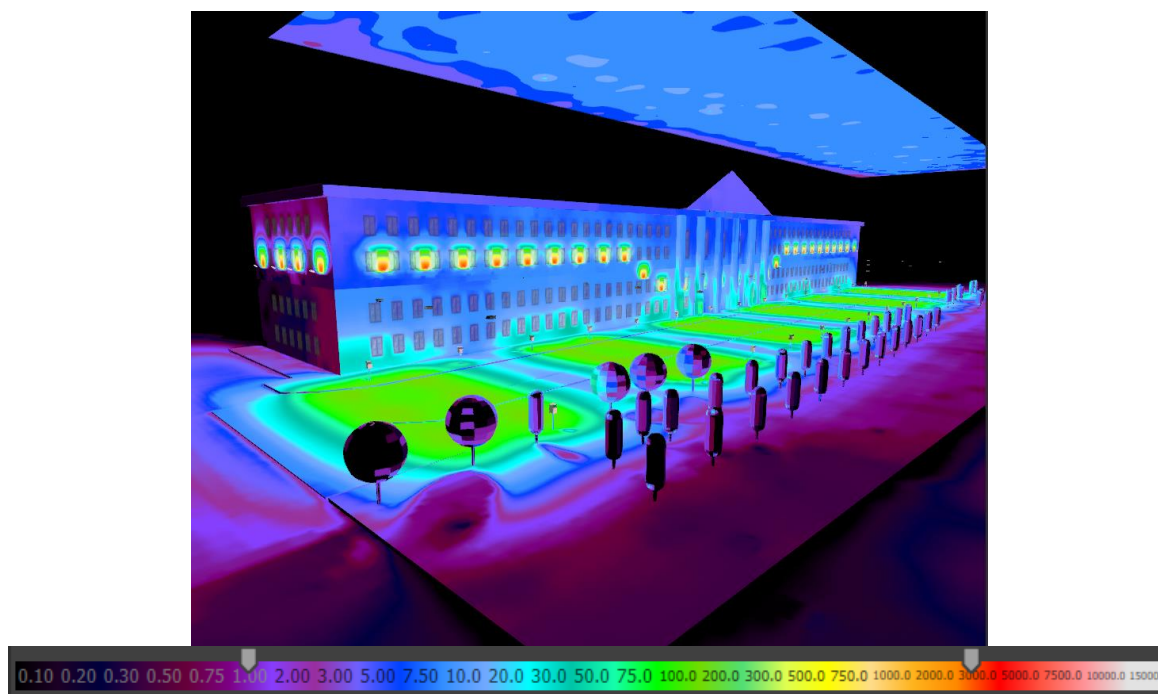


Рисунок 22 – Распределение освещенности при повороте светильника на 60 градусов

4. при 45 градусах на рисунке 23. Средняя освещенность на поверхности 12,4 лк. Максимум – 37,1 лк.

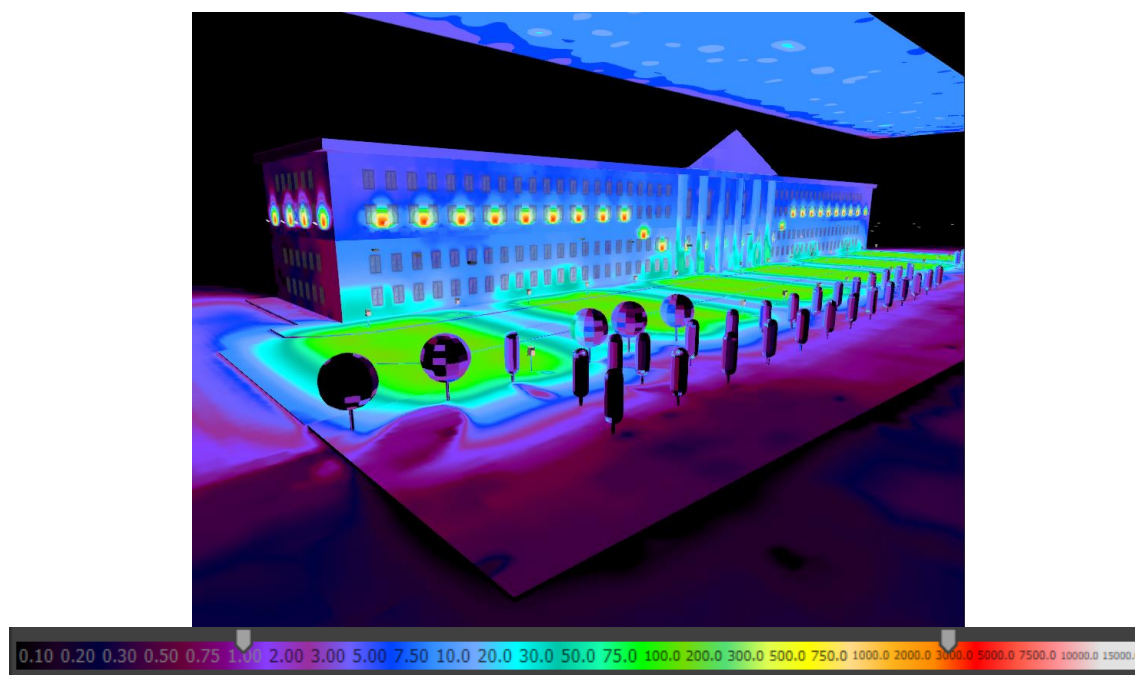


Рисунок 23 – Распределение освещенности при повороте светильника на 45°

Расчет со светильниками с разной КСС

12 градусов, КСС приведена на рисунке 24.

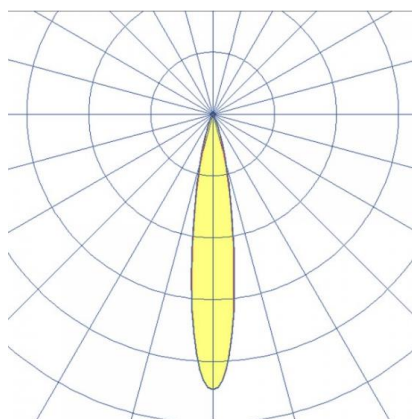


Рисунок 24 – КСС 12°

Распределение освещенности приведено на рисунке 25. Световой прибор при 90°. Средняя освещенность на поверхности 18,3 лк. Максимум – 103 лк.

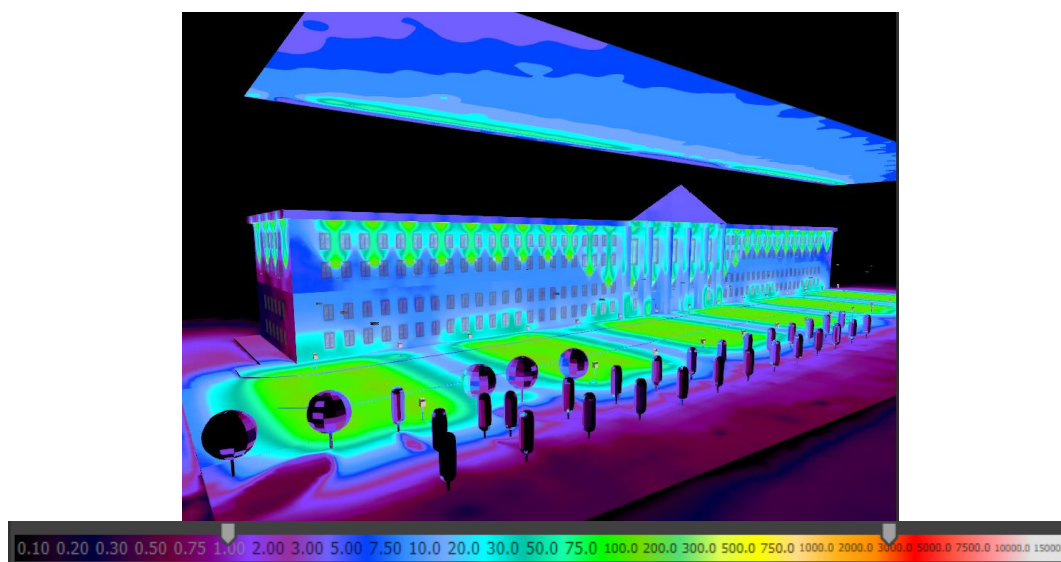


Рисунок 25 – Распределение освещенности, фиктивные цвета

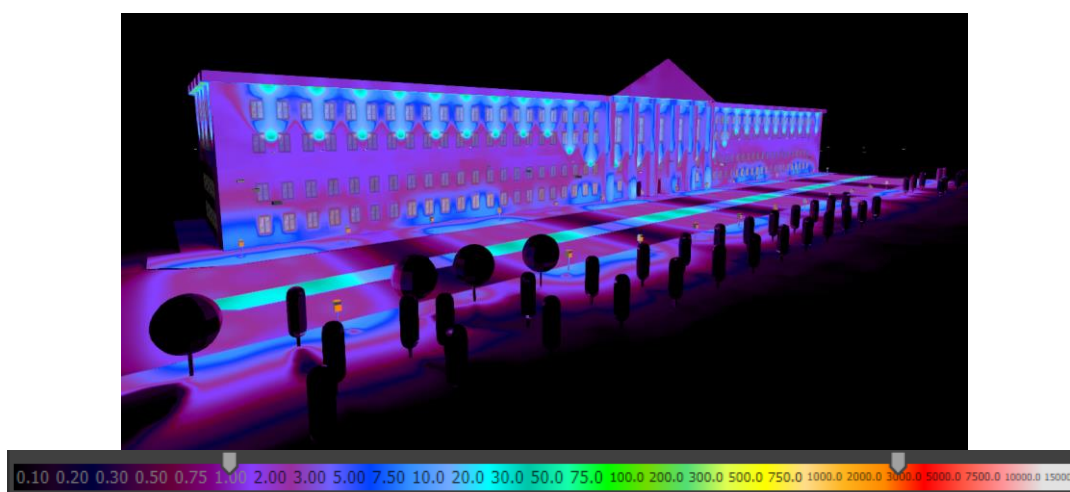


Рисунок 26 – Распределение яркости, фиктивные цвета

75°. Рисунок 27. Средняя освещенность на поверхности 13,5 лк.
Максимум – 27,8 лк.

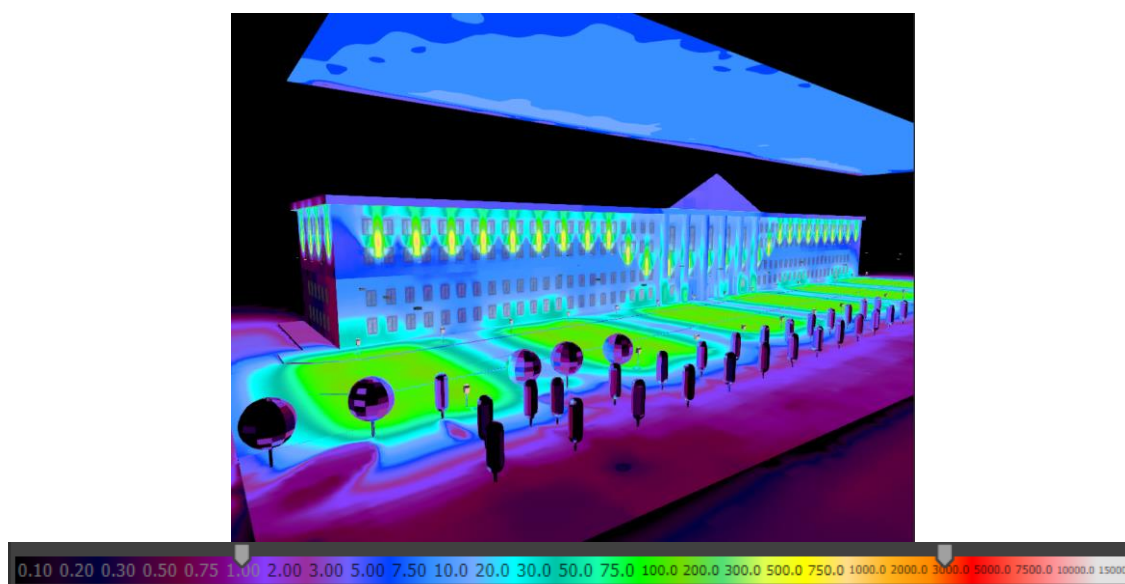


Рисунок 27 – Распределение освещенности, фиктивные цвета

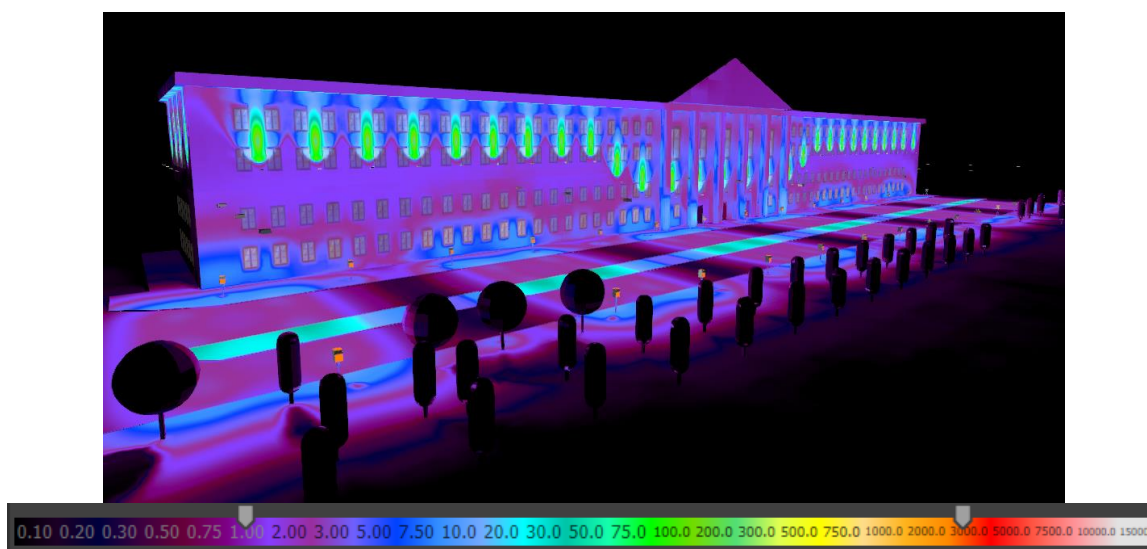


Рисунок 28 – Распределение яркости, фиктивные цвета

60°. Рисунок 29. Средняя освещенность на поверхности 12,2 лк.
Максимум – 29,3 лк.

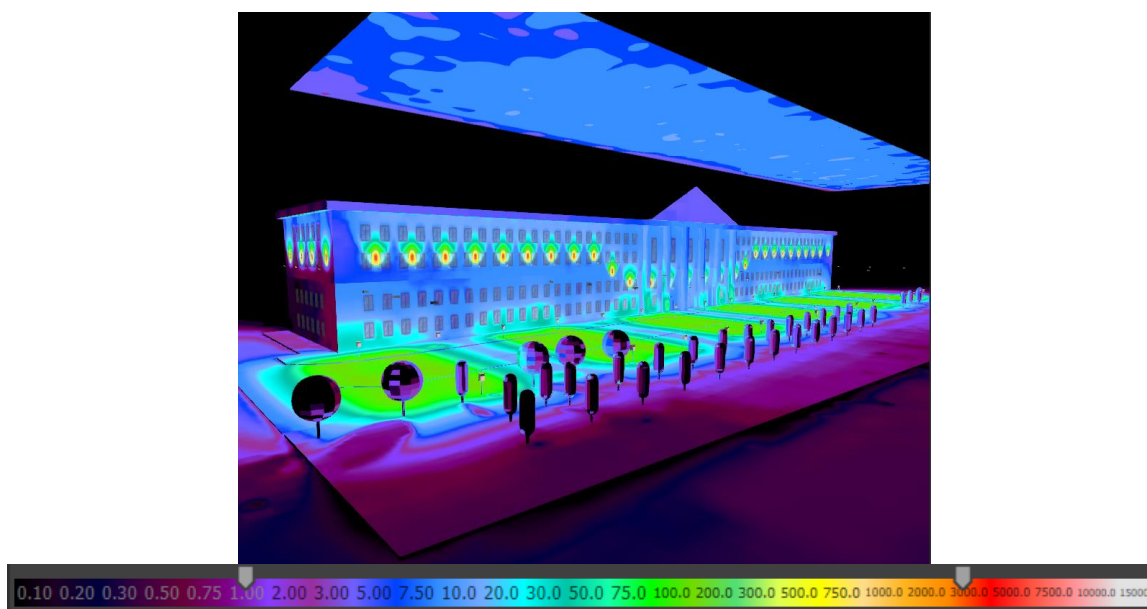


Рисунок 29 – Распределение освещенности, фиктивные цвета

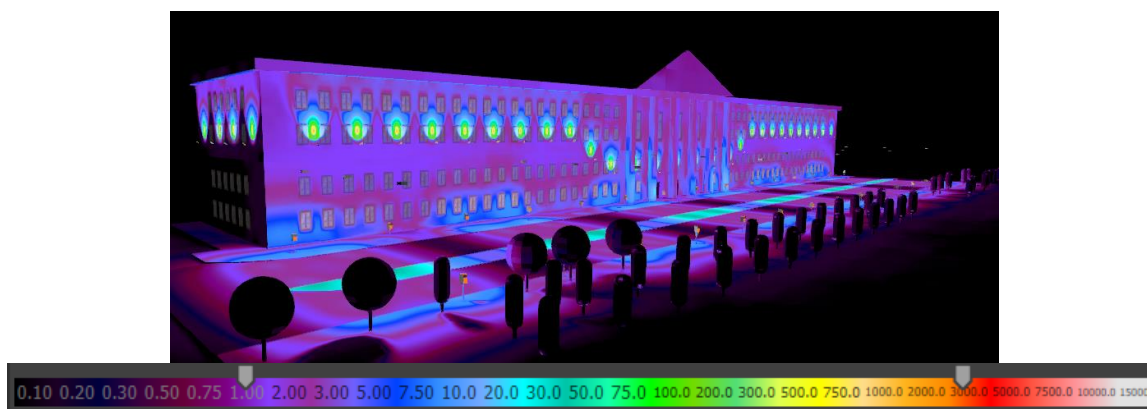


Рисунок 30 – Распределение яркости, фиктивные цвета

45°. Рисунок 31. Средняя освещенность на поверхности 12 лк. Максимум – 43 лк.

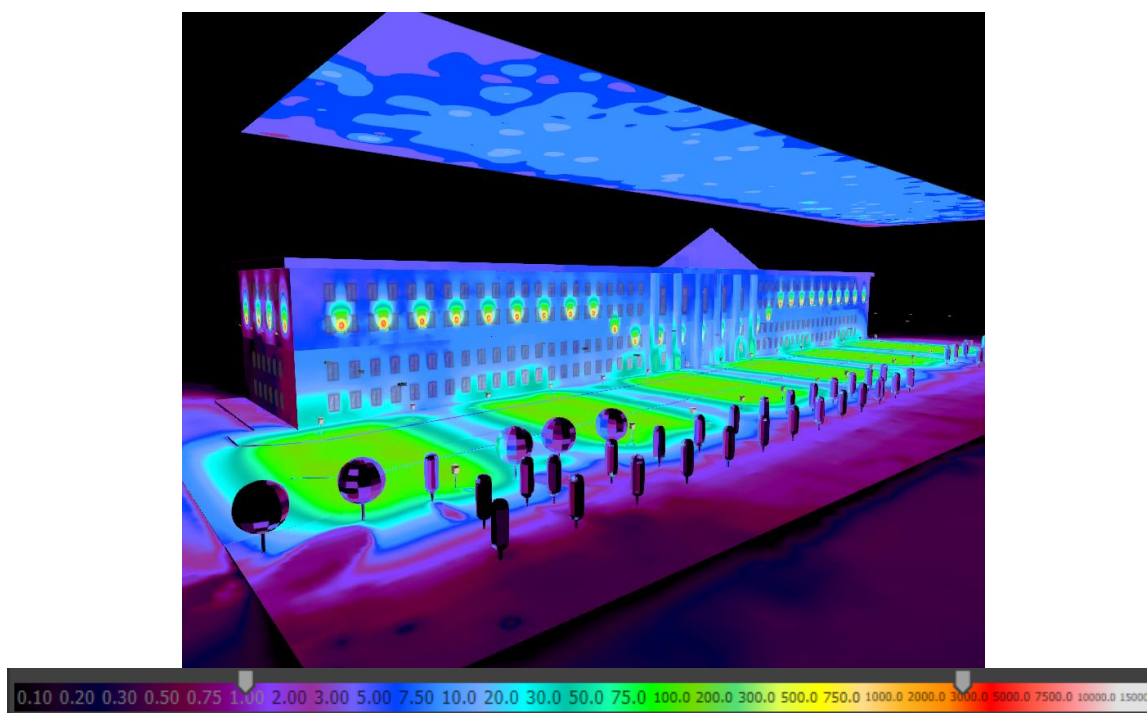


Рисунок 31 – Распределение освещенности, фиктивные цвета

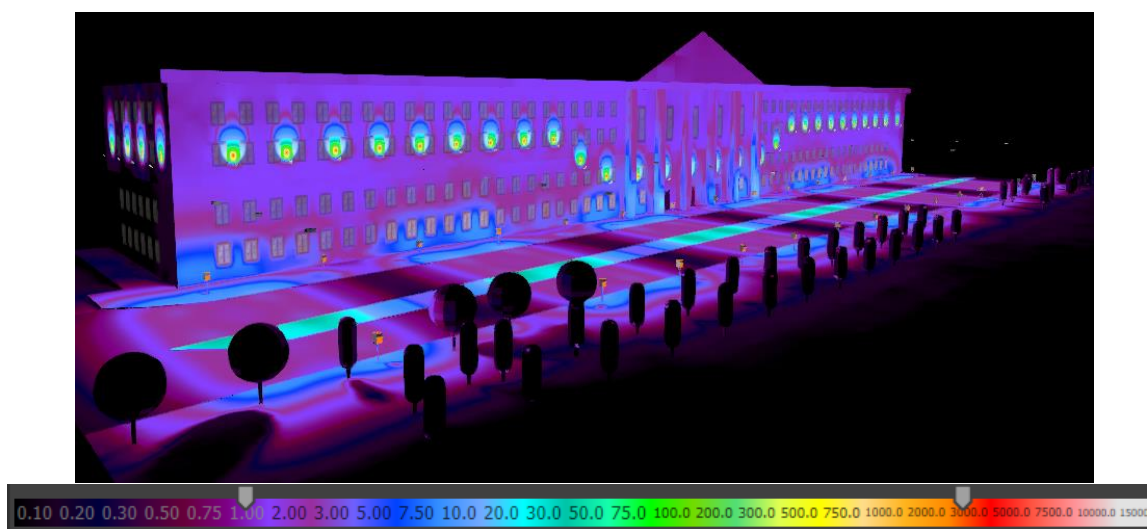
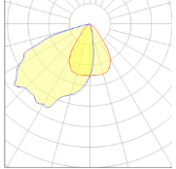
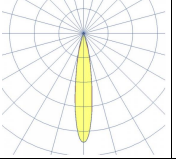
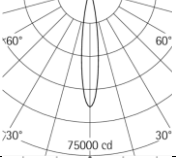
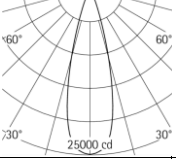
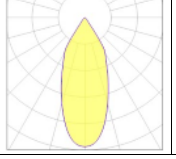


Рисунок 32 – Распределение яркости, фиктивные цвета

В таблице 1 приведены сводные данные зависимости максимальной и средней освещенности от угла поворота светового прибора и его КСС. Для исследования были выбраны световые приборы с КСС 12°, 16°, 28° и 45° со схожим по величине световым потоком.

Таблица 1 – Зависимость максимальной и средней освещенности от угла поворота светильника и КСС

	КСС	Поток, лм	90° Макс осв./средняя., лк	75° Макс осв./средняя., лк	60° Макс осв./средняя., лк	45° Макс осв./средняя., лк
Испо льз.		6681	34,4/13,3	36,1/12,4	31,9/12,4	37,1/12,4
12°		5885	103/18,3	27,8/13,5	29,3/12,3	43/12
16°		5852	105/18,3	32,5/12,7	27,7/12,3	44,6/12,1
28°		5881	88,5/18,7	24,8/12,7	28,8/12,3	36,3/12,1
42°		5598	57,4/18,5	38,6/14,2	26,1/12,1	34,8/11,9

Из таблицы видно, что при повороте светового прибора, количество света, уходящего в атмосферу, уменьшается. При повороте светового прибора на 45°, 60° и 75° средняя освещенность практически не меняется, а значит поворот более, чем на 75° не имеет смысла, к тому же максимальная освещенность с уменьшением угла увеличивается. Это связано с отражением света от здания. Так же возникает слепящий эффект на фасаде здания при повороте светового прибора относительно горизонтали на 45° и 60°.

При использовании разных КСС видно, что чем больше угол, тем больше засветка окон, т.к. ТУСУР не жилое здание – это не так важно, но при проектировании жилого здания на это стоит обратить внимание. Чем шире КСС, тем, соответственно, больше засветка окон (рисунок 33).

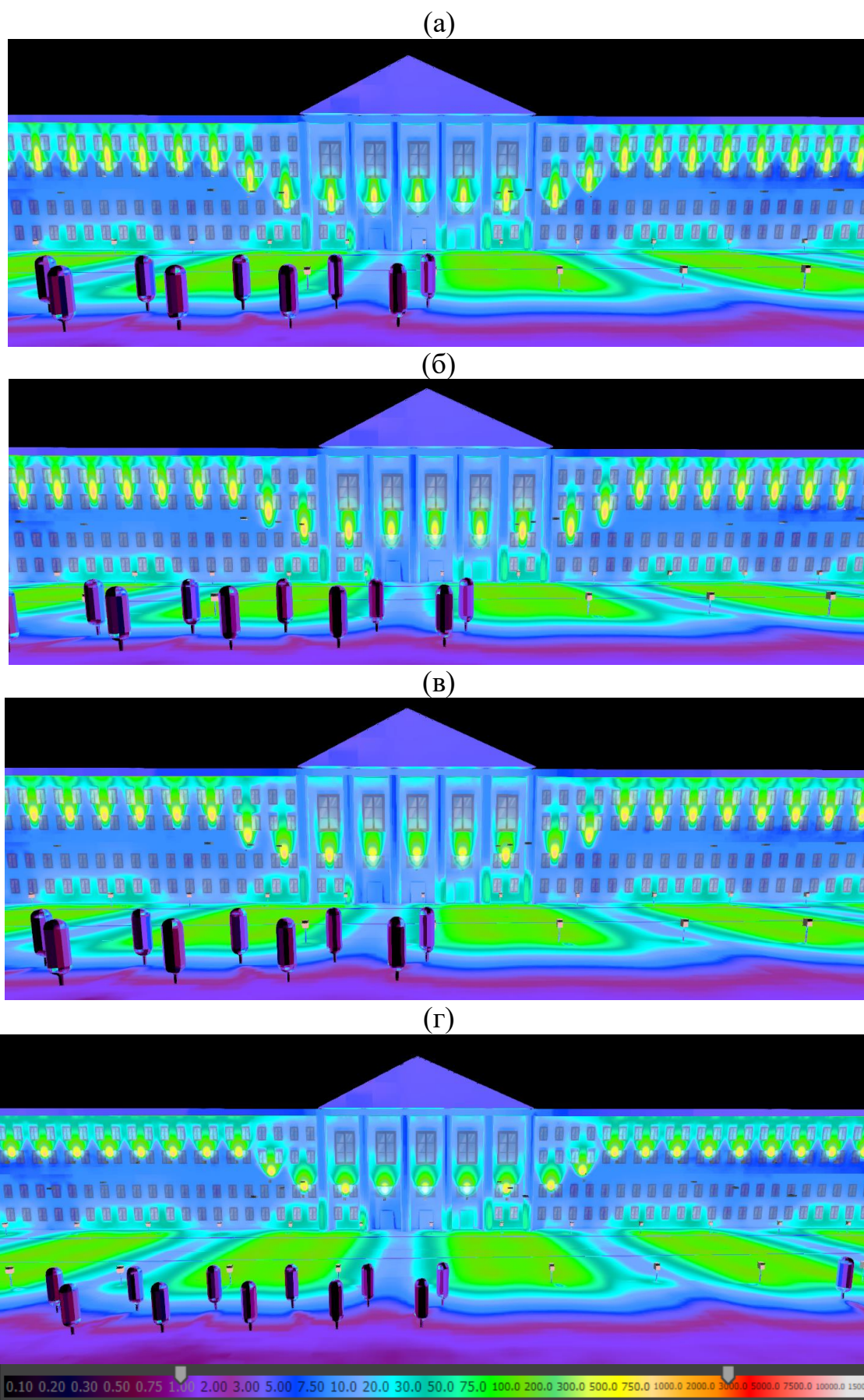


Рисунок 33 – Распределение освещенности на фасаде при использовании разных КСС при повороте светового прибора на 75° . а - 12° ; б – 16° ; в – 28° ; г - 42°

Средняя освещенность при угле поворота 75 градусов наименьшая у КСС с шириной 16 и 28 градусов, но максимальная освещенность больше у светового прибора с 16°. Это связано с тем, что световой прибор с более широкой КСС дает большую равномерность освещения. У максимальной освещенности, кроме КСС 28°, прямая связь с шириной КСС, то есть, чем шире КСС, тем больше максимальная освещенность.

Согласно оценке светового загрязнения в статье [6] освещенность делится на пять уровней: очень темный (< 2 лк), темный (2-5 лк), умеренное (5-10 лк), яркое (10-25 лк) и очень яркое (> 25 лк). Таким образом, свет, уходящий в атмосферу, обладает ярким свечением, значит световое загрязнение от главного корпуса ТУСУРа есть. С помощью поворота светового прибора и подбора КСС световое загрязнение от корпуса можно снизить.

Исходя из проведенных исследований, для снижения светового загрязнения, необходимо использовать световой прибор с КСС 16° и углом поворота - 75°.

3.2 Расчет парковой зоны

Для исследования влияния световых приборов на световое загрязнение в парковой зоне были взяты 4 вида светильников:


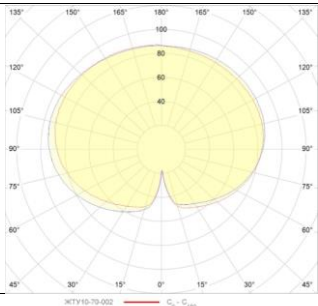

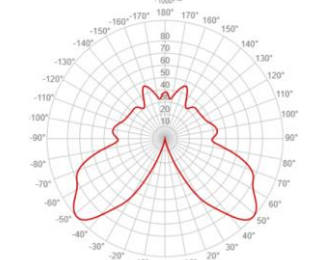

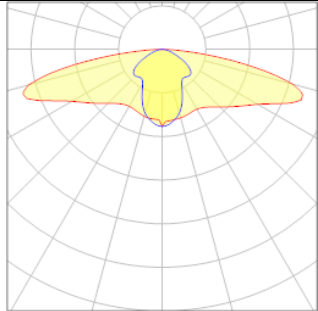

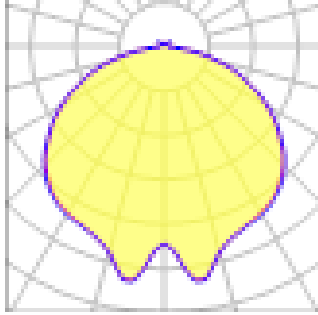
- Опаловые шары;
- Шары с «накрывашкой»;
- Шары с «шапочкой»;
- Светильники с отраженным светом.

В таблице 2 приведен внешний вид и светотехнические характеристики световых приборов.

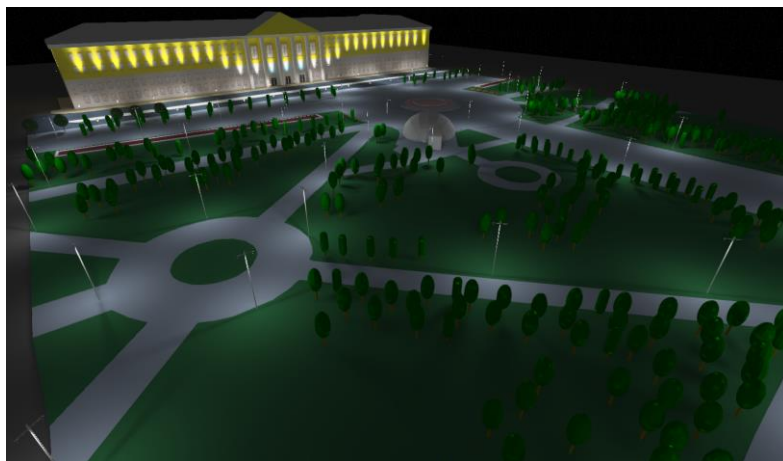
Также было произведено моделирование двух сезонов – летнего и зимнего. Во время зимнего сезона отражение от снега принимается 50%.

Все световые приборы устанавливаются на высоте 7 метров.

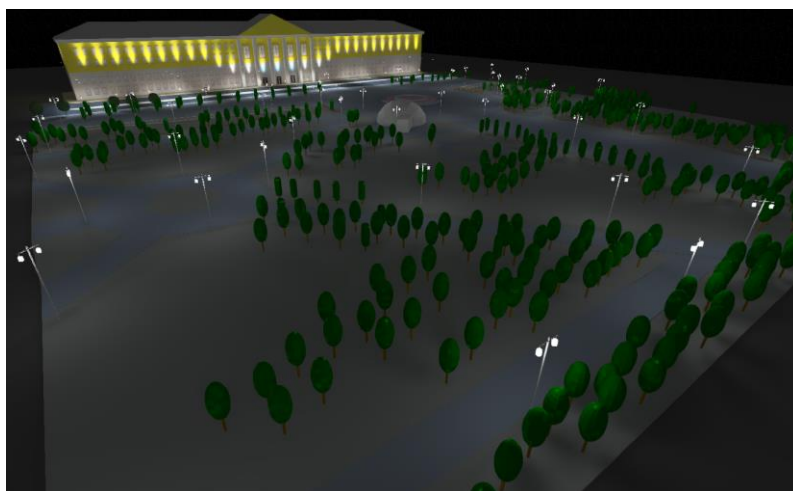
Таблица 2 – Внешний вид и светотехнические характеристики

Световой прибор	Внешний вид	КСС	Поток, лм
Опаловые шары			6662
Шары с накрывашкой			6662
Шары с шапочкой			6662
Светильник с отраженным светом			6662

Модель, полученная в программном комплексе DIALux evo, приведена на рисунке 34.



(1)



(2)

Рисунок 34 – Модель площади Новособорная и ТУСУРа в программном комплексе DIALux evo. 1- в летний сезон; 2 – в зимний сезон.

Моделирование освещения во время летнего сезона. Распределение фиктивных цветов освещенности, полученные при использовании световых приборов из таблицы 2, приведено на рисунке 35.

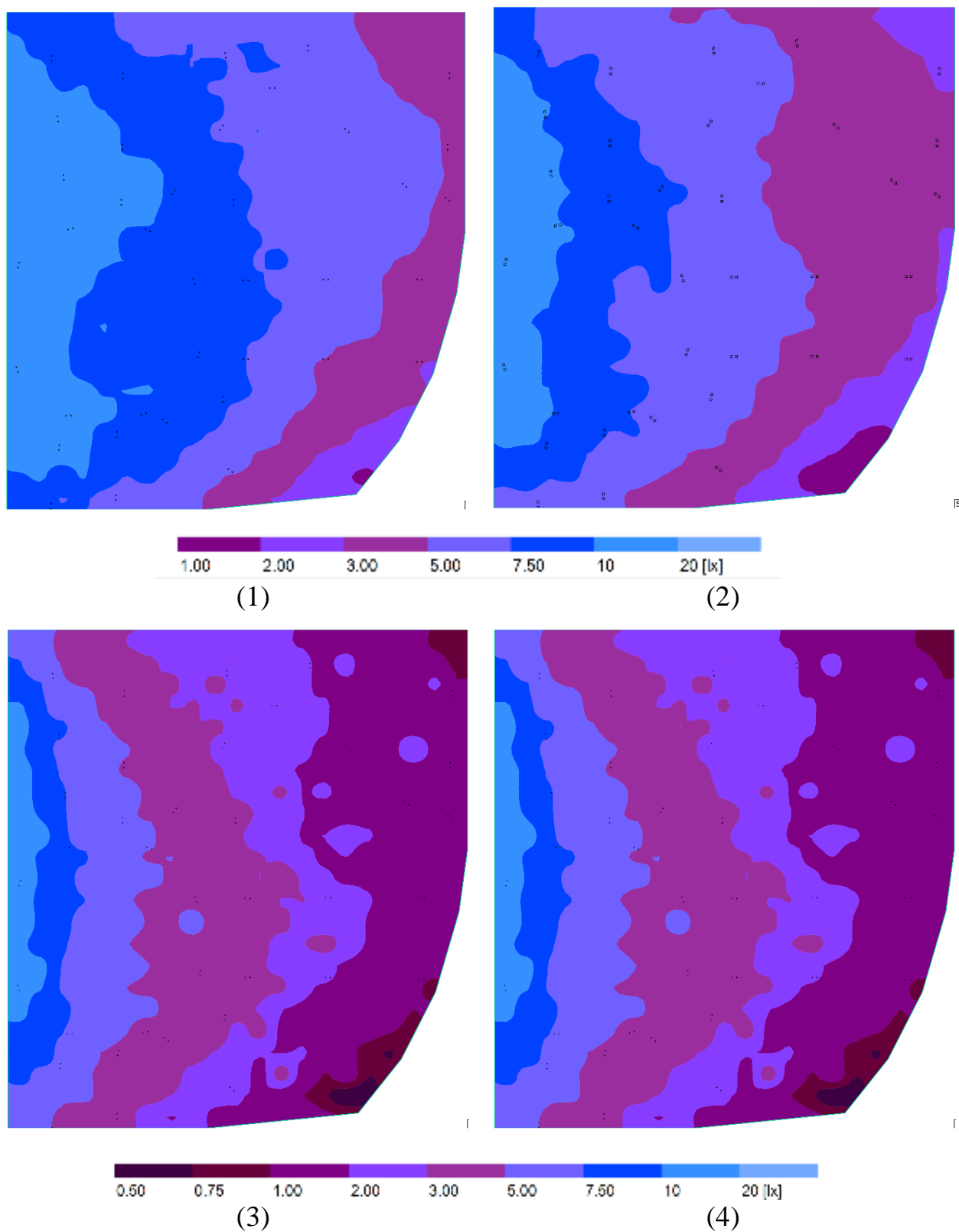


Рисунок 35 – Распределение освещенности на расчетной поверхности в летний сезон. 1 – Опаловые шары; 2 – шары с «накрывашкой»; 3 – шары с «шапочкой»; 4 – световой прибор на отраженном свете.

Моделирование освещения во время зимнего сезона. Распределение освещенности приведено на рисунке 36.

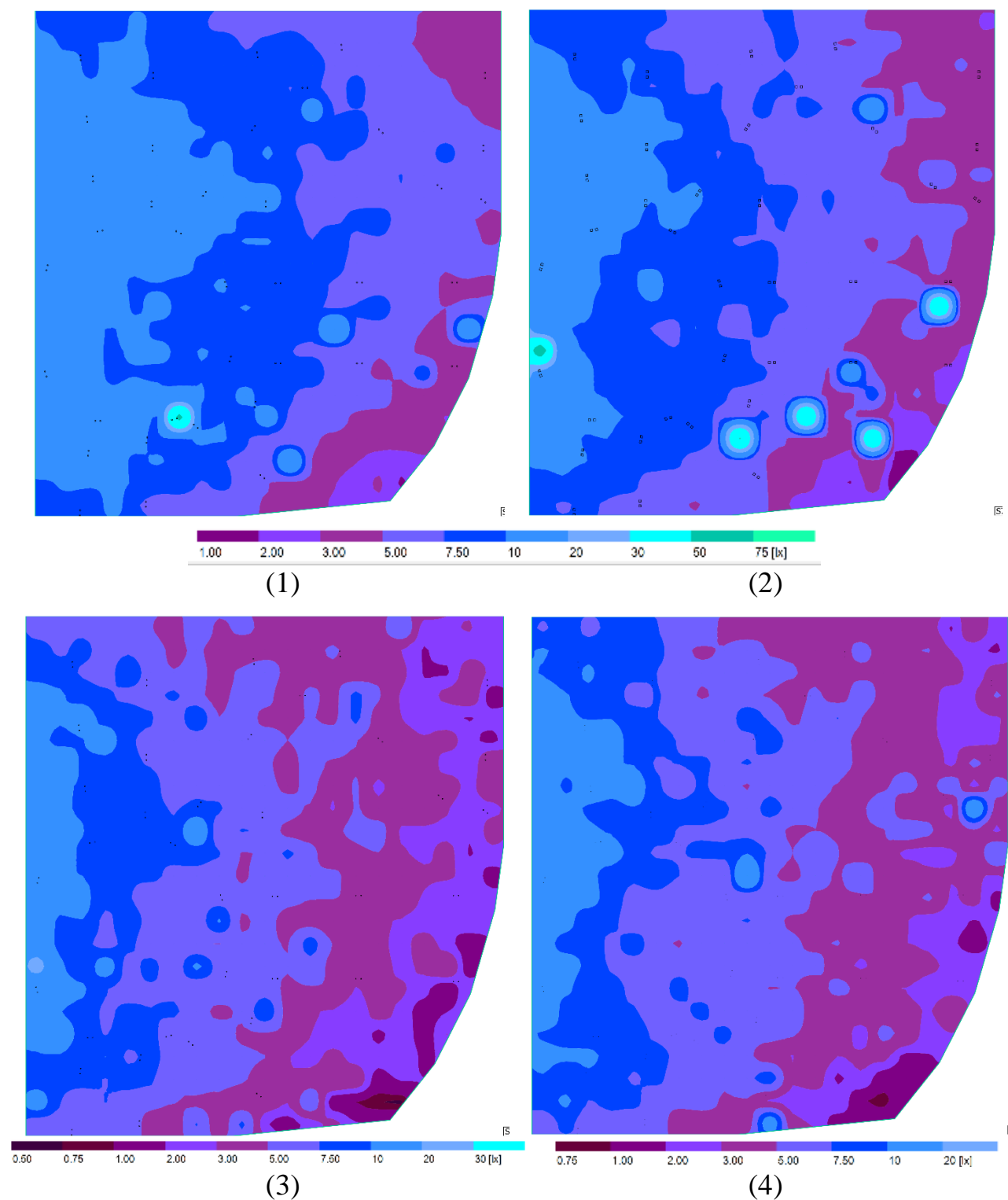


Рисунок 36 – Распределение освещенности на расчетной поверхности в зимний сезон. 1 – Опаловые шары; 2 – шары с «накрывашкой»; 3 – шары с «шапочкой»; 4 – световой прибор на отраженном свете.

В таблице 3 приведены результаты моделирования освещения в летний и зимний период со световыми приборами из таблицы 2. Приведены значения

средней и максимальной освещенности на поверхности, которая находится на высоте 30 метров над парковой зоной.

Таблица 3 – Значения средней и максимальной освещенности на расчетной поверхности в летний и зимний период

Световой прибор	Летний период		Зимний период	
	$E_{ср}$, лк	E_{max} , лк	$E_{ср}$, лк	E_{max} , лк
Опаловые шары	7,66	16,4	8,72	54,2
Шары с накрывашкой	6,21	15	7,92	57,7
Шары с шапочкой	3,84	13	5,84	22,5
Светильник с отраженным светом	4,04	13,2	5,22	16,1

Из таблицы 3 видно, что наибольшее количество света в верхнюю полусферу идет от просто опаловых шаров и опаловых шаров с накрывашкой. Это связано с тем, что часть их светового потока направлена в верх. Но разница между зимним и летним периодом у опаловых шаров меньше, чем у остальных световых приборов. В зимний период средняя освещенность на расчетной поверхности увеличилась лишь на 14%, тогда как у опаловых шаров с шапочкой она увеличивается на 52%. Это связано с тем, что у этих световых приборов весь световой поток направлен в низ и при отражении от снега он перенаправляется в верхнюю полусферу.

А значение максимальной освещенности наибольшее у опалового шара с накрывашкой, это связано с его КСС, оно наиболее равномерное среди всех остальных световых приборов, исследуемых в этой работе.

Глава 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности

исследования.

- исследование светового загрязнения от архитектурных объектов в городе Томске.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования была рассмотрена одна конкурирующая разработка, которая установлена на ТУСУРе и центральной части Новособорной площади в настоящее время.

Данный анализ необходим, так как обе установки имеют свои достоинства и недостатки.

В таблице 4.1 показано сравнение существующей светотехнической установки и светотехнической установки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев.

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных светотехнических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Соответствие нормам освещения	0,2	5	5	1	1
2. Эффективность использования светового потока	0,15	5	3	0,75	0,45
3. Эффективность световых приборов	0,1	5	3	0,5	0,3
4. Световое загрязнение	0,2	5	3	1	0,6
5. Безопасность	0,05	5	5	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена светотехнической установки	0,15	3	5	0,45	0,75
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	5	4	0,75	0,6
Итого	1	33	28	4,7	3,95

Расчет конкурентоспособности, на примере светового загрязнения, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i + B_i = 0,2 \cdot 5 = 1,$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

4.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Нет четких критериев оценки светового загрязнения.	Сл1. Стоимость светодиодных приборов.
С2. Большая эффективность светотехнической установки.	Сл2. Нет четких критериев оценки светового загрязнения.
С3. Более эффективно используется световой поток.	
С4. Больше срок эксплуатации установки.	
С5. Меньше пагубное влияние на экологию.	
Возможности	Угрозы
В1. Лучше изучить проблему светового загрязнения.	У1. Изменение требований к светотехническим установкам.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Более раннее решение от конкурентов.
В3. Создание более экологичной светотехнической установки.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта,

а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	-	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	-	+	+	+	+

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	-	+
	B2	-	-
	B3	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	Y1	-	-	-	-	-
	Y2	-	+	+	+	+

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	Y1	-	+
	Y2	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Нет четких критериев оценки светового загрязнения.</p> <p>С2. Большая эффективность светотехнической установки.</p> <p>С3. Более эффективно используется световой поток.</p> <p>С4. Больше срок эксплуатации установки.</p> <p>С5. Меньше пагубное влияние на экологию.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Стоимость светодиодных приборов.</p> <p>Сл2. Нет четких критериев оценки светового загрязнения.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Лучше изучить проблему светового загрязнения.</p> <p>В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В3. Создание более экологичной светотехнической установки.</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1С1С5. Отсутствие четких критериев оценки светового загрязнения дает большую ценность данного исследования, которое может помочь в изучении данной проблемы и снизить пагубное влияние на экологию.</p> <p>В2С1С2С3С4С5. Появление спроса связано с большей эффективностью светотехнической установки, более эффективно используемым световым потоком, большим сроком эксплуатации и уменьшением пагубного влияния на экологию.</p> <p>В3С2С3С4С5. Более экологичная светотехническая установка получается за счет более эффективной светотехнической установки и использования светового потока, большего срока эксплуатации.</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В1Сл2. Изучение проблемы светового загрязнения поможет определиться с критериями его оценки.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Изменение требований к светотехническим установкам.</p> <p>У2. Более раннее решение от конкурентов.</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У2С1. Наша установка обладает большей эффективностью, большим сроком эксплуатации и меньше оказывает пагубное влияние на экологию.</p>	<p>Уязвимости:</p> <p>У1Сл2. Как таковых требований для уменьшения светового загрязнения от светотехнической установки нет.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
	5	Выбор объектов исследования	Инженер, научный руководитель

Теоретические и экспериментальные исследования	6	Методика расчета светового загрязнения	Инженер
	7	Светотехнический расчет в ПК DIALux Evo	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$ — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.














Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел- дни		t_{oji} , чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	1	-	3	-	2	-	2	3
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	1	2	2	2	2	2	2
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Выбор объектов исследования	2	6	4	8	2,8	6,8	6,8	7
6. Методика расчета светового загрязнения	-	15	-	20	-	17	17	25
7. Светотехнический расчет в ПК DIALux Evo	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,8	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	6	57	13	83	9,6	67,6	67,6	99

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.


На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	3												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	2	 											
3	Обзор научной литературы	Исп2	11												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6												
5	Выбор объектов исследования	Исп1 Исп2	7			 									
6	Методика расчета светового загрязнения	Исп2	25												
7	Светотехнический расчет в ПК DIALux Evo	Исп2	9												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5									 			
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);

- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении образца, нанесенного с покрытием Zr-Y-O. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1 200
Итого:			1200

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ПЭВМ – Асер. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ	1	3	70	70
Итого		70 тыс. руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m,$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 70000}{12} \cdot 3 = 5775 \text{ руб.}$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $З_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}. \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$З_m = З_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$З_m = З_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

где $З_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{мс}, руб$	$k_{пр}$	k_{∂}	k_p	$З_{м}, руб$	$З_{\partialн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	9,6	20614,08
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	67,6	117833,56
Итого:								138447,64

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителям темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 20614,08 = 3092,11 \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 117833,56 = 17675,03 \quad (4.13)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (20614,08 + 3092,11) = 7111,9 \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (117833,56 + 17675,03) = 40652,6 \quad (4.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (4.16)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

4.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
5775	1200	138447,64	20767,14	47764,5	213954,28	42790,9	256745,18

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Оценка светового загрязнения с помощью программного комплекса DIALux Evo».

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей эффективности и ресурсоэффективности.

4.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналога данной НИР рассмотрена существующая светотехническая установка.

Интегральный финансовый показатель рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 256745,18$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 260385,18$ руб

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек. пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тех.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{256745,18}{260385,18} = 0,98$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{260385,18}{260385,18} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

4.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2
1. Безопасность при использовании установки	0,2	5	5
2. Эффективность светотехнической установки	0,2	5	3
3. Соответствие светотехническим нормам	0,2	5	5
4. Световое загрязнение	0,4	5	3
ИТОГО	1	5	3,8

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,4 \cdot 5 = 5$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,4 \cdot 3 = 3,8$$

4.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}}. \quad (20)$$

$$I_{исп.1} = \frac{5}{0,98} = 5,1, I_{исп.2} = \frac{3,8}{1} = 3,8.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	1

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	5,1	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,76

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 99 дней; общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер, составляет 67,6 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 9,6 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 256745,18 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,98, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 5, по сравнению с 3,8;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,1, по сравнению с 3,8, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

Глава 5 Социальная ответственность

Введение

В данной работе рассматривается световое загрязнение от архитектурных объектов в городе Томск. Для оценки светового загрязнения был выбран главный корпус ТУСУРа и центральная часть площади Новособорная.

В настоящее время одним из основных направлений улучшения профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является внедрение системы управления охраной труда.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Опасный производственный фактор – это такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредный производственный фактор – это такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

Целью данного раздела ВКР является разработка и анализ вопросов производственной и экологической безопасности.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Организационные мероприятия

К работе допускаются лица, достигшие 18 лет, обоего пола, прошедшие предварительный и периодический медицинский осмотр, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте, курс обучения безопасным методам труда, стажировку в течении не менее 2 смен и проверку знаний требований охраны труда, прошедшие инструктаж на 1 группу по электробезопасности и знающие настоящую инструкцию. Периодичность повторного инструктажа – не реже 1 раза в 6 месяцев.

Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в Журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

5.1.2. Технические мероприятия

Документом, устанавливающим наиболее общие требования к организации рабочего места при выполнении работ сидя, является ГОСТ 12.2.032-78. Согласно данному документу, рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т. д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Так, например, выполнение трудовых операций «часто» и «очень часто» должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля.

При выборе письменного стола должны быть учтены следующие требования. Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680 – 800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и

длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Высота сиденья рабочего кресла над уровнем пола 420 – 550 мм. Рабочее кресло должно быть. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем. Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500 – 600 мм.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.2. Производственная безопасность

5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов

Расчеты проводятся на рабочем месте за персональным компьютером. Выявленные опасные и вредные факторы приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные вредные и опасные факторы

Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Проектирование	Оценка полученных результатов	Создание отчета	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СанПиН 1.2.3685-21. 2. СП 52.13330.2016 3. ПУЭ 4. ГОСТ 12.1.038-82
2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	+	+	+	
3. Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
4. Умственное перенапряжение, монотонность труда	+	+	+	
5. Пожаробезопасность	+	+	+	
6. Шум и вибрации	+	+	+	
7. Статическое электричество	+	+	+	

2.2. Микроклимат

В соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21 устанавливаются гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работ и периодов года. Показателями, характеризующими микроклимат помещения, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Данные показатели микроклимата должны обеспечивать сохранность теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального

или допустимого уровня теплового состояния организма. Оптимальные и допустимые параметры микроклимата представлены в таблицах 5.2, 5.3.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха
Холодный	Ia	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia	23-25	22-26	60-40	0,1

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течении 8 часового рабочего дня, при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Таблица 5.3 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха	
		$T^{\circ} < T^{\circ}_{\text{опт.}}$	$T^{\circ} > T^{\circ}_{\text{опт.}}$			$T^{\circ} < T^{\circ}_{\text{опт.}}$	$T^{\circ} < T^{\circ}_{\text{опт.}}$
Холодный	Ia	20,0-21,09	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	Ia	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2

Допустимые микроклиматические условия не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

5.2.2 Искусственное освещение

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное.

Нормируемые характеристики освещения в помещениях и вне зданий обеспечиваются как светильниками общего освещения, так и их совместным действием со светильниками аварийного освещения.

Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также для участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, необходимо раздельное управление освещением таких зон.

Нормативные показатели освещения для офисных помещений приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Нормативные показатели освещения основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий

Помещения	Плоскость нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости надо полом, м	Разряд и подразряд зрительной работы	Искусственное освещение				
			Освещенность рабочих поверхностей, лк		Объединенный показатель дискомфорта UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности, %. Не более	Индекс цветопередачи источников света R_a
			При комбинированном	При общем			
Кабинеты и рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	Б-1	400/200	300	21	15	80

Общая освещенность в помещении с персональными компьютерами должна составлять 300 лк.

В качестве источников искусственного освещения на рабочем месте используются офисные светодиодные светильники в количестве 4 штук, расположение которых изображено на рисунке 5.1.

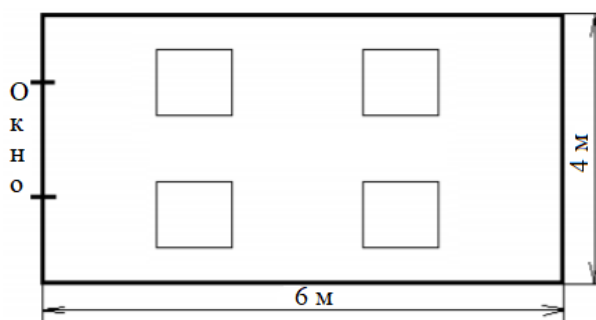


Рисунок 5.1 – План расположения светильников на рабочем месте
инженера-светотехника

Произведем расчет искусственного освещения помещения методом коэффициента использования. Характеристики светодиодного светильника, которые используются в офисных помещениях следующие:

- Мощность 40 Вт;
- Световой поток 4240 лм;
- Цветовая температура 4000 К;
- IP 40.

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}$$

где: A – длина помещения, м; B – ширина помещения, м; h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{6 \cdot 4}{2 \cdot (6 + 4)} = 1,2$$

Коэффициент отражения стен принимаем $\rho_{\text{ст}} = 50\%$.

Согласно СП 52.13330.2016, минимальная освещенность на рабочей поверхности должна быть не менее $E_{\text{min}} = 300$ лк.

Рассчитаем световой поток лампы. В помещении 4 световых прибора, $N = 2$; коэффициент запаса светодиодных светильников $k = 1,1$; числовое соотношение неравномерности освещения $z = 1$; по индексу помещения определяется коэффициент использования светового потока $\eta = 0,51$. Тогда световой поток равен:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,1 \cdot 24 \cdot 1}{4 \cdot 0,51} = 3882 \text{ лм}$$

Сравниваем расчетную величину светового потока с величиной выбранного светового прибора, 4240 лм.

$$-10 \leq \frac{\Phi_{\text{станд.}} - \Phi_{\text{расч.}}}{\Phi_{\text{станд.}}} \cdot 100\% \leq 20$$

$$-10 \leq \frac{4240 - 3882}{4240} \cdot 100\% \leq 20$$

$$-10 \leq \frac{4240 - 3882}{4240} \cdot 100\% \leq 20$$

$$-10 \leq 8,44 \leq 20$$

Получаем, что световой поток выбранного светового прибора подходит для освещения помещений, где установлены компьютеры с освещенностью 300 лк.

Повышенной нагрузкой на зрительную систему и процессы внимания характеризуются многие виды производственной и научной деятельности. В сочетании с гиподинамией, нервно - эмоциональным напряжением, длительным сохранением неоптимальной основной рабочей позы приводит к развитию зрительного и общего утомления и понижению работоспособности.

В профилактике общего и зрительного утомления у представителей ряда профессий важная роль принадлежит обеспечению зрительного комфорта. Сюда относятся общая освещённость, окраска помещений, распределение световых проёмов и т.д. Оптимальное расположение объектов трудового процесса на расстоянии 30-100 см от глаз.

При длительной работе за персональным компьютером должны быть учтены регламентированные перерывы, во время которых производится гимнастика. Она состоит из общеукрепляющих и специальных упражнений для глаз. В основу последних должны быть положены принципы тренировки и релаксации аккомодации, а также манипуляции, улучшающих кровоснабжение глаз.

Так же правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, снижает нагрузку на органы

зрения, оказывает положительное психологическое воздействие на работников, содействует повышению производительности труда.

5.2.3 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Помещения по электробезопасности подразделяются на 3 группы:

1. Помещение без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18–20°, с влажностью 40–50%).

2. Помещение с повышенной опасностью (где имеется один из следующих признаков: повышенная температура, влажность 70–80%, токопроводящие полы, металлическая пыль, наличие заземления, большого количества оборудования).

3. Помещения особо опасные, в которых имеется наличие двух признаков из второй группы или имеются в помещении едкие или ядовитые взрывоопасные вещества.

Согласно ГОСТ 12.1.019-2009, электробезопасность должна обеспечиваться конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты. Электроустановки и их части выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

В первую очередь безопасность обеспечивается применением средств коллективной защиты, а затем, если она не может быть обеспечена, применяют средства индивидуальной защиты.

К средствам коллективной защиты от поражения электрическим током относятся: оградительные устройства, которые могут быть стационарными и переносимыми. Ограждения могут быть сблокированы с устройствами,

отключающими рабочее напряжение при снятии; изолирующие устройства и покрытия; устройства защитного заземления, зануления и защитного отключения; устройства дистанционного управления; предохранительные устройства и др.

Также индивидуальные защитные средства подразделяются на основные и дополнительные. К основным защитным изолирующим средствам относятся изолирующие штанги, изолирующие клещи и электроизмерительные указатели напряжения, диэлектрические перчатки, слесарно–монтажный инструмент с изолирующими рукоятками. К дополнительным изолирующим защитным средствам относятся средства, которые дополняют основные, а также могут служить для защиты от напряжения прикосновения и шагового напряжения. Дополнительными защитными средствами служат диэлектрические галоши, диэлектрические коврики, изолирующие подставки.

5.2.4 Шум и вибрации

Производственным шумом называется шум на рабочих местах, на участках или на территориях предприятий, который возникает во время производственного процесса. Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне.

В соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21 нормируемыми показателями на рабочих местах являются:

- эквивалентный уровень звука за рабочую смену;
- максимальный уровень звука;
- пиковый уровень звука.

Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах является 80 дБ. При значениях уровня шума выше допустимого необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

Средства коллективной защиты:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуковой виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;

- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

Средства индивидуальной защиты:

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

5.2.5 Статическое электричество

Все проводящие элементы технологического оборудования и другие объекты, которые генерируют или накапливают статическое электричество, должны быть заземлены независимо от того, используются ли другие устройства электростатической защиты. Заземляющее устройство, предназначенное для защиты от статического электричества, должно иметь сопротивление не более 100 Ом. Согласно СанПин 1.2.3685-21 средствами коллективной защиты от статического электричества являются: антиэлектростатические вещества, увлажняющие устройства, нейтрализаторы, экранирующие вещества. В качестве индивидуальных средств защиты следует применять антистатическую обувь, халаты, антиэлектростатические средства для защиты рук.

5.3 Экологическая безопасность

Защита окружающей среды представляет собой комплекс мер, направленных на снижение влияния деятельности человека на окружающую среду.

Негативное влияние на атмосферу будет заключаться только в скоплении пыли и грязи на рабочем месте, а воздействие на литосферу будет характеризоваться утилизацией твердых бытовых отходов.

Решения по обеспечению экологической безопасности:

1. для литосферы – вывоз твердых бытовых отходов, с последующей переработкой.
2. для атмосферы – проведение ежедневной влажной уборки на рабочем месте и проветривание помещения.

Чтобы избежать негативного воздействия токсичных веществ, входящих в компьютер, на атмосферу и земельную почву утилизация компьютера производится в специализированной компании, имеющую лицензию на проведение работ с отходами 1-4 класса опасности.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Наиболее распространенные ситуации чрезвычайных ситуаций в здании, где была разработана бакалаврская работа - проникновение посторонних лиц и пожар.

Первый случай: проникновение посторонних лиц. Для обеспечения безопасности работника и предотвращения проникновения посторонних лиц на предприятие следует использовать ряд мер безопасности:

1. Организовать контрольно–пропускной пункт.
2. Нанять охрану для обхода здания.
3. Установить системы видеонаблюдения в производственных цехах, а также на всех входах и выходах из здания.

4. Установить оповещающие системы безопасности при несанкционированном проникновении на предприятие в нерабочее время.

Второй случай: пожар.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;

- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения – предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

План эвакуации приведен на рисунке 5.2.

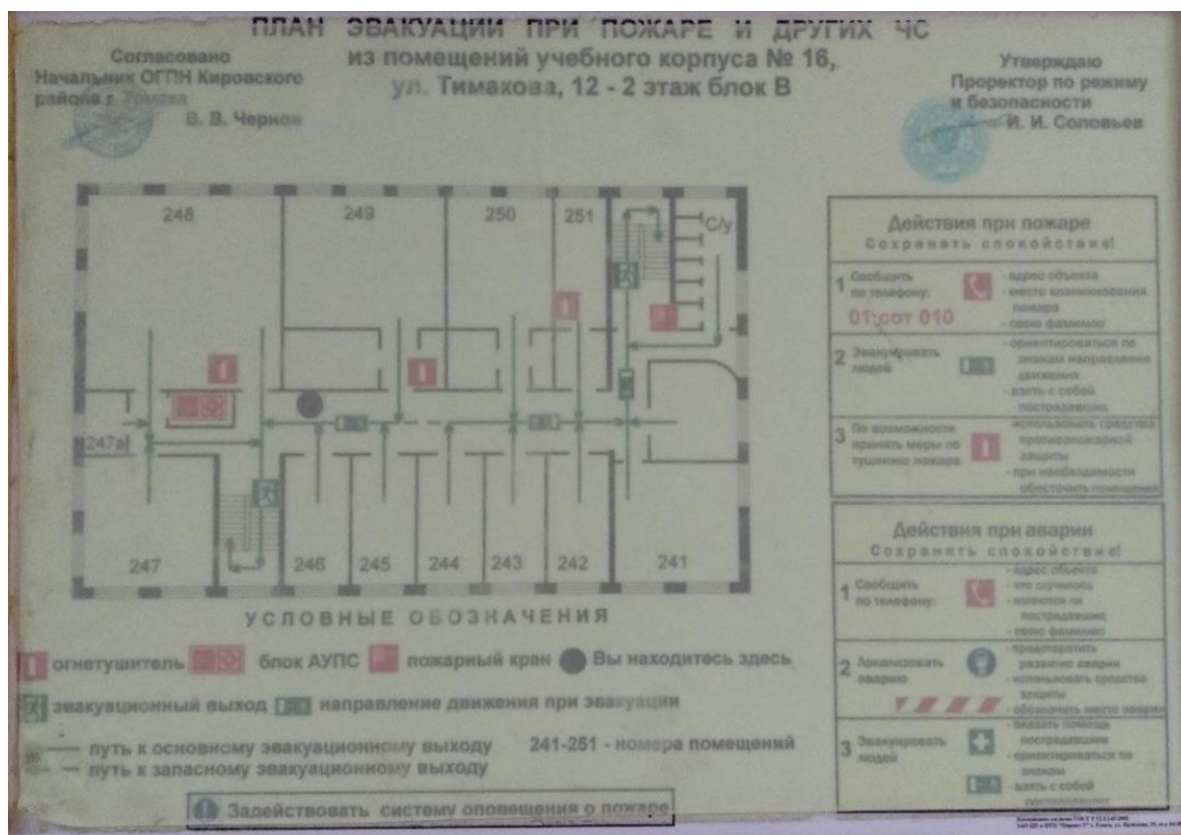


Рисунок 5.2 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса №16в, 2 этаж

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

Сообщить руководству (дежурному);

Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112;

Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Выводы к разделу социальная безопасность

Разработан и проанализирован вопрос производственной и экологической безопасности при проведении данного научно-технического исследования.

Мероприятия по созданию необходимых условий микроклимата уже внедрены в данном помещении. Шум в помещении соответствует установленным нормам. Мероприятия по электробезопасности также проведены в этой лаборатории.

Экологической опасности данное исследование не представляет, т.к. при правильной утилизации оно практически не оказывает влияния на окружающую среду.

Заключение

В ходе проведения исследовательской работы был произведен анализ светотехнических установок трех объектов города Томск: бизнес-центр «Дипломат», ресторан «Мама, я дома!» и главный корпус ТУСУРа. В результате анализа для дальнейшего исследования был выбран главный корпус ТУСУРа и Новособорная площадь.

На примере главного корпуса было исследовано влияние светотехнической установки и КСС световых приборов на световое загрязнение. При повороте светового прибора на 75 градусов, световой поток, уходящий в атмосферу, уменьшается – световое загрязнение уменьшается. При повороте СП больше, чем на 75 градусов, освещенность на поверхности почти не менялась, что говорит о том, что дальнейший поворот СП не имеет смысла.

Для оценки влияния КСС на световое загрязнение было выбрано 4 световых прибора с КСС 12°, 16°, 28° и 42°. В ходе проектирования наименьшая освещенность на поверхности была от СП с КСС 16° и 28°. Для СТУ ТУСУРа был выбран световой прибор с КСС на 16° с углом поворота 75°.

Была произведена оценка светового загрязнения от ТУСУРа. Средняя освещенность на поверхности 12,4 лк, что по шкале в статье [6] относится к яркому свечению, следовательно, световое загрязнение присутствует.

Для исследования влияния световых приборов на световое загрязнение в парковой зоне было выбрано 4 вида СП: опаловые шары, опаловые шары с «накрывашкой», опаловые шары с «шапочкой» и светильники с отраженным светом. Смоделировано два сезона – зимний и летний. Наибольшая средняя освещенность на поверхности была от опаловых шаров и опаловых шаров с «накрывашкой». А разница освещенности на поверхности между зимним и летним сезоном у опаловых шаров наименьшая – 14%, в то время как у опаловых шаров с «шапочкой» разница составила 52%.

Список литературы

1. P. Tabaka, P. Rozga. Influence of a Light Source Installed in a Luminaire of Opal Sphere Type on the Effect of Light Pollution / *Energies*. – 2020. – 13. – 306.
2. ITMO.News: [Электронный ресурс] – Режим доступа к сайту: <https://news.itmo.ru/ru/science/photonics/news/7308/> 05.03.2020
3. «Нежелательный свет» - что это? / Современная светотехника. – №3. – 2019.
4. Guidance notes for the reduction of obtrusive light / ILP. – 2011.
5. МГК «световые технологии» совместно с Казанским Государственным Энергетическим Университетом (КГЭУ). Первое заявочное исследование воздействия цветовой температуры освещения на организм человека / *Lumen&Expertunion*. - №04-05. – ноябрь 2015. – С.39-43.
6. Jiayi Li, Yongming Xu , Weiping Cui, Meng Ji, Boyang Su, Yuyang Wu, Jing Wang. Investigation of Nighttime Light Pollution in Nanjing, China by Mapping Illuminance from Field Observations and Luojia 1-01 Imagery / *sustainability*. – 12. – 681. – 2020.
7. А. В. Молодовский, Д. В. Залозных. Орнитологическая обстановка и безопасность полетов воздушных судов в районе нижегородского аэропорта.
8. В. А. Копцов, В. Ф. Герасев, В. Н. Дейнего. Световое загрязнение как гигиеническая проблема/ *Гигиена и санитария*. – 7. – 2015.
9. ГОСТ 30772-2001. Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения.
10. F. Falchi, P. Cinzano. The new world atlas of artificial night sky brightness / *ScienceAdvances*. – Vol. 2. – no. 6. – Jun. 2016.
11. Light pollution map: [Электронный ресурс] – Режим доступа к сайту: <https://www.lightpollutionmap.info/> 07.05.2021
12. F. Falchi, P. Cinzano, C. D. Elvidge, D. M. Keith, A. Haim. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility / *Journal of Environmental Management*. – Vol. 92. – Issue 10. – P. 2714-2722. – Oct. 2011.

13. K. J. Navara, R. J. Nelson. The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences / Journal of Pineal Research. – Vol. 43. – Issue 3. – P. 215-224. – Jun. 2007.
14. ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 05.04.2021)
15. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы.
17. ГОСТ 12.1.038-82 (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
18. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
19. ПУЭ: правила устройства электроустановок
20. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
21. ГОСТ Р 12.1.019-2009 (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

Приложение А

Light Pollution

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM91	Хохлова А.А.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Толкачева К.П.	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Стрельникова А.Б.	к.филол.н.		

Impact of light pollution on the environment and human

In order to extend the working day and create safe environment, people illuminate urban areas and road networks. The population of the Earth is growing, which means that the territory, illuminated by artificial means, is expanding. At the same time, light pollution is also increasing, which negatively affects human health, the environment, animal behavior and plant development.

Light pollution is one of the most common forms of environmental change. It even affects the wild land, because it is easy to observe it at night, hundreds of kilometers from the source of light. During the day, these territories seem to be pristine, and at night they are damaged. Despite the fact that the problem of light pollution is global (about 80% of the world's inhabitants live in regions where there is a high level of pollution), it used to receive relatively little attention from environmental scientists. Now the situation is changing.

With the growth of cities, the illuminated area also grows. At the same time, light pollution is increasing. Analysis of modern lighting devices and lighting installations showed that 30-45% of the luminous flux becomes light pollution. It has not only direct but also indirect harm to the environment. Excessive lighting is a waste of oil and other energy resources.

Light pollution is one of the fastest growing negative environmental impacts. Its level rises exponentially compared to the natural level of night light resulting from the glow of the stars and the moon.

As for people, exposure to light at night affects the production and secretion of melatonin and, due to this, a shift in circadian rhythms occurs. The decrease in melatonin production is influenced not only by the time and duration of exposure, but also by the intensity and wavelength of the radiation. That is why both of these parameters must be considered when setting limits. As research advances, levels of light intensity that inhibit the production and secretion of melatonin are reduced. During the eighties of last century, it was shown that bright light at an order of thousands of lux was requested for abolishing the secretion. The results of a study, in which the impact of wavelength on humans was assessed by measuring melatonin,

alertness, thermoregulation and heart rate draw the attention to the significant role of wavelength. It was shown that exposure of 2 h to monochromatic light at 460 nm in the late evening significantly suppressed melatonin secretion while under the same intensity, exposure timing and duration but at wavelength of 550 nm such effects were not observed. Already in 2001 Wright showed that even illuminance as low as 1.5 lux affects circadian rhythms. Moreover, recently it has been shown that bedroom illumination, typical of most homes in the evening, is sufficient to reduce and delay MLT production. From the results of these studies it can be noted that MLT suppression by LAN is wavelength dependent and intensities can be much lower than those used several decades ago.

Changes in circadian rhythms can cause impaired performance, alertness, sleep and metabolism disturbances. Exposure to light at night suppresses the production of the "sleep" hormone, melatonin, and because melatonin is oncostatic or anti-carcinogenic, there is a risk of developing certain cancers. MLT seems to have an influence on coronary heart disease. LAN acts directly on physiology, or indirectly by causing sleep disorders and deprivation, that may have negative effects on several disorders such as diabetes, obesity and others.

White LEDs, which are now being replaced by all lighting fixtures because they are "green sources", have a high luminescence intensity and short emission, which have a serious negative impact on health due to a decrease in the production of melatonin.

In the natural environment, animals and plants are exposed to light at night levels that vary from about $5 \cdot 10^{-5}$ lux of the overcast sky, to $1 \cdot 10^{-4}$ lux by the starry sky on a moonless night, to $2 \cdot 10^{-2}$ lux at the quarter moon, to 0.1–0.3 lux during the week around full moon. The artificial light of a typical shopping mall, 10–20 lux, is up to 200 thousand times brighter than the illuminance experienced in the natural environment around new moon. No wonder that it has become apparent that light at night has strong environmental effects in behavioral, population and community ecology (in foraging, mating, orientation, migration, communication, competition, and predation) and effects on ecosystems [12].

The impact on the reproduction of birds and animals

People have known for a long time that light affects the reproduction of animals and birds. For example, in winter, in order for hens to lay more eggs, it is enough to turn on the night lights in the hen house. And in one study with junco kept in outdoor enclosures, it was enough to turn on the lights for a few minutes after sunset during the winter for these birds to become reproductive, despite the cold winter temperatures. This suggests that artificial lighting is sufficient to affect the reproductive phenotype. It has also been proven that artificial lighting affects the reproduction of mammals. European voles received artificial lighting after dark, which also led to an effective imitation of natural lighting with artificial sources. Given the level of control that variation in light cycles can exert on reproductive physiology and behavior, exposure to lighting durations beyond normal limits can impose disruptive effects on these processes. Long-term exposure to light affects the production of melatonin in the pineal gland, and it affects reproductive behavior and physiology of many species. Such effects can mediate documented changes in the reproductive system of animals in response to prolonged exposure to light.

Studies investigating breeding behavior and activities in a wide variety of animal and bird species show that light pollution and artificial light interfere with reproductive activity in the wild. For example, artificial lighting affects the territorial singing of male mockingbirds; after mating, they sing only in artificially lit places or when the moon is full. As for frogs, mating calls are disrupted due to artificial lighting, and females are less selective in choosing a mate, which leads to earlier mating due to increased lighting levels. There is an assumption that faster reproduction is a resistance to the attack of predators due to a long stay in well-lit places [13]. Reproductive dysfunctions occur due to exposure to artificial light, which have serious consequences for different species of animals.

Foraging and predation

An important factor in the decisions animals make is the predator-prey relationship. These decisions range from behavior when looking for food to choosing a partner. The predator-prey relationship changes depending on the level of ambient

light. For example, during high light levels due to the moon in desert rodents and temperate climates, feeding behavior is curbed by fruit-eating bats, small seabirds, and even in non-visual predators such as scorpions. Light prompts a number of animals to make decisions about activity, either directly, altering the risk of being seen by a predator, or indirectly, altering the availability of prey and thus altering the return on foraging during periods of high lighting. These ideas are not mutually exclusive, and in some cases lighting has both direct and indirect effects. For example, the efficiency of foraging for long-eared owls increases in bright moonlight and, at the same time, the level of activity and feeding behavior of their prey, deer mice, increases. decreases presumably to avoid an increased risk of being eaten in brightly lit environments. Likewise, a change in light level results in a significant shift in the seahorse's catch rate. Thus, changes in the level of illumination affect not only the behavior of predators, but also the behavior of their prey, as well as any other species directly related to their prey. Such a phenomenon can lead to large-scale changes in the ecosystem.

In some parts of the world, the brightness of the sky from city lighting is even higher than at night with a full moon. And if natural lunar cycles have such a negative impact on the interaction of predators and prey, then what can we say about the influence of the glow of the sky from the artificial lighting of cities. It can have the same, if not more, negative changes in the environment. Indeed, artificial lighting has a profound effect on foraging and predation. For example, artificial lighting increased predatory risk and decreased predatory behavior in some rodent species, and artificial lighting affects the feeding behavior of petrels.

Due to the changes in the level of melatonin in some species of birds as a result of constant lighting, there is an effect on food extraction, and melatonin has also been shown to regulate food intake in mammals. Thus, constant exposure to light results in the change in melatonin levels, which regulates foraging behavior in other species as well. This suggests that the impact of artificial lighting on the environment is obvious.

Migration and orientation

Migration is a very important event in the life of animals and birds. It is essential for successful reproduction and survival. A change in ambient light affects

the migration process in many species. For example, silver eels stop migrating when moonlight levels are high. In salmonids, light from the moon triggers a release of thyroxine, which is thought to trigger migration to the sea. Many aquatic invertebrates exhibit “forward vertical migration,” moving up and down the water column in response to changes in moonlight; some species of zooplankton and shrimp avoid surface water in response to light weaker than that of a crescent.

The glow of the sky and artificial lighting, which are now commonplace, seriously affect the migration patterns of animals and birds. For example, in crows, due to artificial light, the migration patterns have changed, in some cases the birds are confused by artificial night lighting. Due to artificial lighting, the silver eel stopped migrating, and monarch butterflies could not navigate during the mirage due to the violation of the circadian clock. The *Daphnia* zooplacton, due to urban light pollution, has reduced the scale of its migration and the number of migrating individuals has decreased. One of the most negative forms of exposure to light pollution is the impact of artificial pollution on young sea turtles. After hatching, they orient themselves towards the sea, which is lighter than the dark sand dunes. And nighttime city lighting brightens the sand dunes, disorienting young sea turtles.

The mechanistic basis behind such changes in migratory patterns and behaviors remains to be elucidated; however, studies in birds have shown that melatonin plays a crucial role in the timing and orientation aspects of avian migration. Thus, changes in migratory behavior may result from alterations in melatonin levels or other circadian and seasonally based physiological signals. Changes in the timing and/or efficiency of migration and general orientation can be detrimental in terms of both survival and reproduction. Even low levels of artificial lighting effectively mimic the natural influences of the lunar cycle. Urban sky glow causes sky brightening long distances from the original lighting source, potentially affecting migrating individuals kilometers away. Such large-scale changes could have drastic ecological impacts.

The next paragraph provides guidelines for reducing light pollution when designing lighting.

Lighting recommendations [4]

Unwanted light is the light that passes by the surface to be illuminated. One of its constituents is light pollution. The concept of "light pollution" was introduced in 1970. It is understood as the effect of artificial light on the sky, which negatively affects human health, the environment, animal behavior and plant development. Such a brightness level is considered unfavorable at which an artificial source obscures the glow of stars for an observer.

The next component of unwanted light is visually annoying light. It is classified as hazardous to health and interfering with professional activities. It is light of both artificial and natural origin.

The area of light pollution is larger than the area of the city, since it covers the city with a hemisphere, illuminating the starry sky.

The main causes of light pollution are improper design or installation of external lighting. Until recently, the goal of lighting design was to illuminate a large surface at minimal cost, and devices oriented at 15 degrees to the horizontal (a common type of equipment) contribute more to the overall glow of the sky than devices whose glow is directed towards the zenith. This is due to the fact that light coming at an angle undergoes many different reflections, as a result of which its quantitative presence increases until it reaches the atmosphere. At the same time, the beam directed to the zenith is practically not refracted.

Light pollution includes (Fig. 1.1.):

- light leakage (light outside the illumination area);
- glare;
- heavenly glow.

The heavenly glow is associated with the scattering of the light flux by the atmosphere. According to Rayleigh's law, the scattered light intensity is inversely proportional to the fourth power of the wavelength, which suggests that light pollution is influenced not only by the amount of light emitted upward, but also by the spectral characteristics of the emitted radiation. It follows from this law that the short-

wavelength part of the visible range (blue) will be more strongly scattered by the atmosphere.

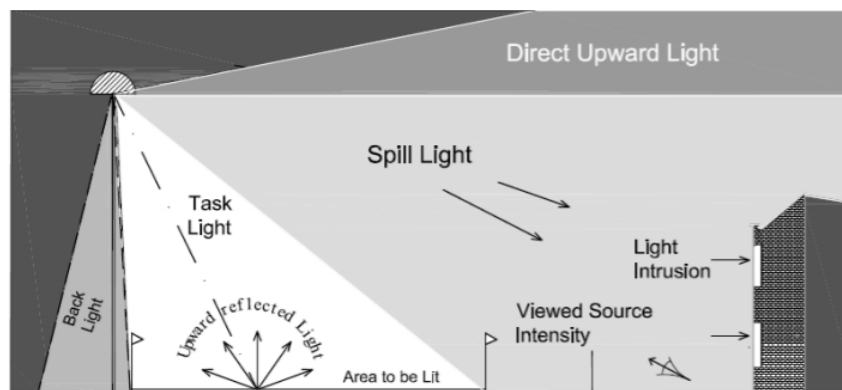


Figure 1.1 – Types of obtrusive light

In order to create a good lighting project, you need to understand its three main components: the light source, the luminaire and the installation method.

Light source

As mentioned above, the short-wavelength part of visible radiation has a negative impact on humans and the environment, which must be taken into account when designing.

Remember that the light source output in LUMENS is not the same as the wattage and that it is the former that is important in combating the problems of obtrusive light.

Most nighttime visual tasks are only dependent on light radiated within the visual spectrum. It is therefore NOT necessary for light sources to emit either ultra-violet or infra-red radiation unless specifically designed to do so. It is also understood that light from the shorter wavelengths of the spectrum has important effects on both flora and fauna that should be considered.

Research indicates that light from the blue end of the spectrum has important non-visual effects on the health of the human body, in particular in our sleep/wake patterns. It is therefore important to appreciate that while in obtrusive light terms the use of blue light should be minimized, there are many night-time tasks such as driving and sports where to be fully awake is an important aid to safety.

Lamp

The choice of luminaires should be made so that it ensures the minimum amount of leakage of light and glare.

It is necessary to use specially designed lighting equipment that minimizes the spread of light near and along the horizontal 100-90° (Fig. 1.2.) The lower zone of the output of the light flux is a critical zone for the glow of the sky in rural areas, where it is highly dependent on aerosol scattering. The range 180-100° is the critical for the urban sky glow, while that of 70-0° is ideal light distribution.

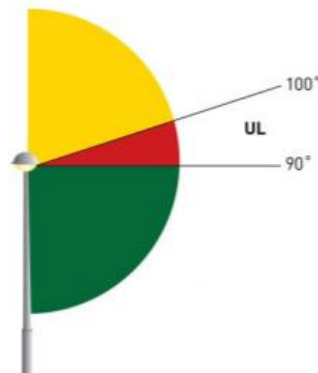


Figure 1.2 – Critical luminaire angles for minimizing sky glow

Installation

In most cases, it is advantageous to use the highest possible mounting height, since this can help reduce glare. To minimize glare, it is necessary to ensure that the angle of the main beam of the lighting device directed at the potential observer does not exceed 70°, as shown in Figure 1.3.

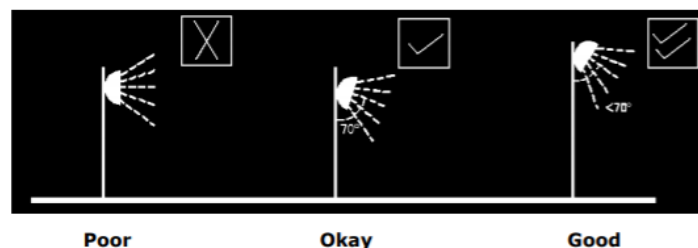


Figure 1.3 – Luminaire aiming angles

When lighting vertical structures such as advertising signs, direct light downwards wherever possible [4]. If there is no alternative to up-lighting, as with much decorative lighting of buildings, then the use of shields, baffles and louvres will help reduce spill light around and over the structure to a minimum.

For road and amenity lighting installations, light near to and above the horizontal should normally be minimized to reduce glare and sky glow. In rural areas the use of full horizontal cut off luminaires installed at 0° uplift will, in addition to reducing sky glow, also help to minimize visual intrusion within the open landscape. However in some urban locations, luminaires fitted with a more decorative bowl and good optical control of light should be acceptable and may be more appropriate.

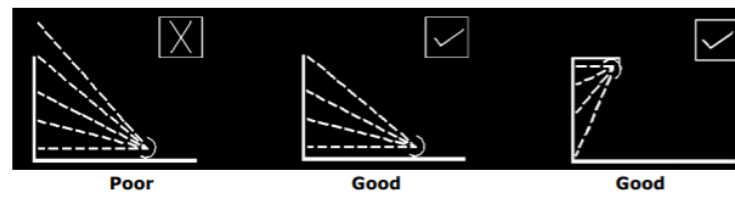


Figure 1.4 – Façade illumination

Light pollution assessment

Light pollution is a change in natural night lighting caused by artificial light sources. Natural light levels are controlled by natural celestial sources, mainly the Moon, natural atmospheric radiation (air glow), stars and the Milky Way, and zodiacal light. On moonless nights, the background brightness of the clear sky far from the Milky Way and the zodiacal light is about 22 magnitudes per square arcsecond (mag/arc second) in the Johnson-Cousins V-band, which is equivalent to $1,7 \cdot 10^{-4}$ cd/m². Artificial light diffused in the atmosphere increases the brightness of the night sky, creating the most noticeable negative effect of light pollution - the artificial glow of the sky.

In article [10] to compare the artificial glow of the sky with the natural one, the value was chosen to compare 22,0 mag/arcsec², corresponding to 174 µcd/m², as the natural brightness level of the night sky during minimal sunlight activity, with the exception of magnitude 7 stars, far from the Milky Way, Gegenschein, and zodiacal light. The changes in the brightness of an unpolluted sky during one night can be more than half the variation in the brightness of the sky background.

The brightness level was set so that the sky is considered clear - this is the excess of the natural glow of the sky by 1%. At the zenith, such an excess of the brightness of the sky is practically not noticeable, but when approaching the horizon,

it increases due to the direction of light from artificial sources. This glow has a significant impact on protected areas.

When the level of natural brightness increases by 1% ($1,7 \mu\text{cd}/\text{m}^2$) from the natural level, the sky can be considered "clear". 1-2% is the level which is worth paying attention to in order to prevent light pollution in the future. 8-16% is the approximate elevation level at which the sky can be considered contaminated from an astronomical point of view. And with a total brightness of the sky equal to $20,6 - 20 \text{ mag}/\text{sec}^2$ ($87 - 688 \mu\text{cd}/\text{m}^2$) magnitude, the summer Milky Way will not be visible. The brightness of the night sky at which there is no adaptation of the human eye to darkness $> 3000 \mu\text{cd}/\text{m}^2$.